



Motivations et déterminants de l'innovation technologique: Un survol des théories modernes

Mohieddine Rahmouni, Murat Yildizoglu

► To cite this version:

Mohieddine Rahmouni, Murat Yildizoglu. Motivations et déterminants de l'innovation technologique: Un survol des théories modernes. 2011. halshs-00573686

HAL Id: halshs-00573686

<https://shs.hal.science/halshs-00573686>

Preprint submitted on 4 Mar 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Motivations et déterminants de
l'innovation technologique:
Un survol des théories modernes**

**Mohieddine Rahmouni
Murat Yildizoglu**

March 2011

DT-GREQAM

Motivations et déterminants de l'innovation technologique : Un survol des théories modernes

Mohieddine Rahmouni¹ , Murat Yıldızoğlu²

1. GREThA (UMR CNRS 5113), Université Montesquieu-Bordeaux IV, Avenue Léon Duguit, 33608 Pessac cedex, France, et UAQUAP, Université de Tunis, Institut Supérieur de Gestion, 41 rue de la liberté, le Bardo 2000, Tunisie. E-mail : mohieddine.rahmouni@gmail.com

2. GREQAM (UMR CNRS 6579), Université Paul Cézanne (Aix-Marseille 3), Centre de la Vieille Charité, 2 rue de la Charité, 13236 Marseille cedex 02, France. E-mail : murat.yildizoglu@univ-cezanne.fr

Résumé

L'objectif de cet article est de présenter l'analyse théorique des motivations et des déterminants de l'innovation technologique des firmes. Pour cette présentation, nous adoptons une stratégie d'exposition qui part du cadre le plus simple possible dans lequel l'innovation peut apparaître (l'économie de Robinson Crusoé) et qui aborde successivement des contextes économiques de plus en plus riches. La discussion est donc organisée selon une logique progressive, allant des motivations et des conditions purement individuelles des innovations (dans le cas du Robinson seul dans sur son île), vers le cas le plus complexe où les activités d'innovation ont lieu dans un cadre international, sous des institutions particulières selon les pays. Les étapes intermédiaires introduisent successivement les phénomènes économiques suivants : la demande, le fonctionnement en industrie, la concurrence, les pouvoirs publics, et, finalement, la concurrence internationale.

Mots-clés : Innovation technologique, Économie Industrielle, Économie évolutionniste.

JEL codes : O120 ; O300

Abstract:

The aim of this paper is to present the theoretical literature dedicated to the analysis of the motivations and the determinants of firms' technological innovations. To this end, we follow a strategy of presentation that starts with the simplest possible framework in which the innovation can occur (Robinson Crusoe economy), and that encompasses gradually richer economic contexts. The discussion is hence organized in a progressive logic, ranging from purely individual motivations and conditions of innovations (in the case of Robinson, alone on his island), towards the more complex case where the innovative activities take place in an international framework, under particular institutional configurations, depending on the considered countries. The intermediate stages successively introduce the following economic phenomena : demand, sectoral dimensions, competition, public authorities, and finally, international competition.

Key-words : Technological innovation, Industrial economics, Evolutionary economics.

JEL codes : O120 ; O300

"Le nouveau ne sort pas de l'ancien, mais apparaît à côté de l'ancien, lui fait concurrence jusqu'à le ruiner". (Théorie de l'évolution économique, Schumpeter 1935).

1 Introduction

L'innovation a pris une place centrale dans l'analyse économique depuis les travaux de Joseph A. Schumpeter, mais surtout dans les développements de l'analyse de la dynamique économique les trente dernières années, notamment dans les théories de croissance endogène (Aghion & Howitt 1998). L'analyse moderne de l'innovation distingue différentes modalités de ce phénomène et en établit différentes typologies en fonction de sa nature ou son impact sur l'activité économique. La richesse de cette vision moderne apparaîtra quand nous passerons en revue ces typologies dans une première section. Cela va nous permettre de mieux délimiter le type de phénomène que nous cherchons à expliquer dans ce travail.

Notre compréhension des mécanismes de l'innovation va nécessiter la réponse à deux questions successives. La première concerne les motivations des firmes quand elles s'engagent dans des activités innovantes. Même si certaines innovations peuvent apparaître de manière fortuite, nous allons nous intéresser à la recherche délibérée d'innovations par les firmes. La deuxième question concerne les déterminants de l'innovation.

Mais l'effort des firmes n'est pas suffisant pour expliquer les processus d'innovation et leur résultats (le progrès technique). En effet, en suivant Dosi (1997), nous pouvons noter que la compréhension du changement technologique nécessite l'analyse concomitante de quatre objets interreliés : d'abord, les opportunités de l'innovation ; ensuite, les incitations pour exploiter ces opportunités ; mais aussi les capacités des agents de réaliser l'innovation et les configurations institutionnelles et les sources externes (leurs clients, fournisseurs, universités, laboratoires et agences publiques, consultants, etc) qui encadrent et conditionnent le résultat des efforts des agents. En effet, Dosi (1997) souligne qu'il n'y a pas de preuve convaincante que l'intensité de la recherche augmente d'une manière monotone avec la valeur prévue des flux de rente, même s'il est certain qu'un accroissement attendu dans la rentabilité soit une condition nécessaire pour que les acteurs privés entreprennent des efforts de recherches coûteuses et incertaines. Au contraire, il semble que les différences inter-sectorielles et inter-temporelles dans la propension à innover soient mieux prises en compte, dans une première approximation, par les différences dans les opportunités et les capacités spécifiques des entreprises plutôt que des variations fines dans les mesures d'incitation de la rentabilité (au-dessus d'un seuil minimal). Par conséquent, en plus des motivations des firmes, il est important de bien comprendre les déterminants sectoriels et institutionnels de l'innovation, ainsi que la mécanique propre de la création de connaissances qui oriente les capacités d'innovation des firmes. Ces dimensions seront exposées dans la troisième section de ce papier.

Dans la section suivante, nous allons préciser les définitions qui caractérisent les différentes propriétés des activités innovatrices.

2 Les facettes multiples de l'innovation

L'objet de cette première section est la clarification du concept d'innovation qui sera utilisée dans la suite de ce travail. Une telle clarification est nécessaire car si l'innovation, dans toutes ses formes, est au coeur de la dynamique économique moderne, son analyse doit distinguer les différents objets sur lesquels elle peut porter et différencier l'intensité avec laquelle elle peut intervenir sur l'activité économique.

L'analyse de l'innovation a beaucoup évolué depuis les travaux fondateurs de Schumpeter. Elle nécessite le recours aux différents concepts de création de nouveauté (la créativité, l'invention, l'innovation, et la diffusion) et aux différentes typologies (innovation de produit, de procédé, radicale, incrémentale), ainsi qu'à de nouveaux concepts analytiques (capacité d'absorption, trajectoires, systèmes d'innovation, etc). Les théories modernes de l'innovation n'abordent plus ce phénomène comme un processus invisible de transformation, résultant d'une confrontation statique de l'offre et de la demande, mais elles rendent compte de la nécessité de décrypter ce processus dont la complexité provient de son interpénétration avec tous les aspects de la relation entre les processus internes de l'entreprise et son environnement, autant interne qu'externe.

Les travaux fondateurs de Schumpeter ont bien sûr fortement influencé les théories de l'innovation, source du processus de *destruction créatrice* : un processus dynamique dans lequel les nouvelles technologies remplacent les anciennes et induisent la modification des structures économiques. Dans cette optique, les innovations *radicales* façonnent les grandes mutations, alors que les innovations *incrémentales* alimentent de manière continue le processus du changement technique. La mise en relief des différents objets sur lesquels peut porter l'innovation est importante dans l'analyse des sources et des conséquences de l'innovation. Schumpeter (1934) propose de distinguer cinq types d'innovation (la nature de l'innovation) :

- l'introduction de nouveaux produits ;
- l'introduction de nouvelles méthodes de production ;
- l'ouverture de nouveaux marchés ;
- le développement de nouvelles sources d'approvisionnement en matières premières ou en autres intrants ;
- la création de nouvelles structures de marché au sein d'une branche d'activité.

Cette première section commencera par mettre en place un ensemble de définitions de base concernant le processus d'innovation : le changement technologique, l'invention, l'innovation et la diffusion. Cela sera suivi par la discussion des typologies de l'innovation. Ces éléments s'inspirent de Schumpeter (1934, 1942) et du Manuel d'Oslo (2005), publié par l'OCDE.

2.1 Définitions de l'innovation

Souvent les termes de créativité, découverte et invention sont considérés comme synonymes de l'innovation. Le caractère polysémique du terme est à la source de confusions liées à son usage. La mise en perspective des différentes approches de l'innovation doit contribuer à une clarification de ces ambiguïtés.

Les définitions existantes de l'innovation sont nombreuses. Le sens commun porte sur la description d'un objet ou d'une pratique caractérisés par leur nouveauté. Dans l'analyse économique classique, l'innovation, synonyme du progrès technique, est réduite à une dimension technique. Schumpeter distingue l'innovation de l'invention, dans le sens où sa validation par le marché et son utilisation effective induisent un changement économique et social d'une manière radicale ou progressive. Ainsi, le Manuel d'Oslo définit l'innovation comme *"la mise en oeuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures"*.

Cette définition générale englobe une large palette d'innovations possibles, tels que les innovations de produits, de procédés, organisationnelles et commerciales. La question de "mise en oeuvre" permet de différencier ce qui relève de la créativité et ce qui relève de la mise en oeuvre des idées générées, c'est-à-dire de l'innovation. Cependant, il reste encore difficile de définir précisément l'innovation (Dosi et al. 1988). La distinction entre les types d'innovation est souvent incomplète (Henderson & Clark 1990). En effet, le sens donné au terme ne distingue pas entre la nouveauté qui réside dans la perception du changement par l'individu ou l'organisation et celle observée objectivement. De nombreux auteurs ont essayé de différencier les innovations selon leurs caractéristiques. Ces efforts ont conduit aux deux typologies de base que nous discutons maintenant.

2.2 Typologies de l'innovation

A nos yeux, il semble nécessaire de distinguer les différents types d'innovations selon leur niveau d'application (caractéristiques et objectifs) et l'ampleur des changements qu'elles entraînent sur l'entreprise et l'économie en général. L'innovation technologique peut être analysée selon deux axes : sa nature ; son degré de nouveauté et son impact sur l'économie. Nous commençons dans la section suivante par la présentation de la typologie selon les niveaux d'application (innovations de produit, de procédé, d'organisation et de commercialisation) puis la typologie selon l'ampleur du changement (innovation incrémentale versus innovation radicale). Nous nous limiterons ici à définir brièvement ces typologies et nous ferons recours à elles de manière plus approfondie quand nous discuterons les motivations et les déterminants de l'innovation.

2.2.1 Typologie selon la nature de l'innovation

La première distinction est à établir du point de vue de l'intervention de l'innovation dans les activités de l'entreprise, principalement, selon qu'elle concerne les processus de production ou les produits proposés par la firme. Il est possible d'affiner cette typologie en s'inspirant des travaux de Schumpeter. On distingue alors plus précisément quatre niveaux d'intervention des innovations (Manuel d'Oslo 2005). Chaque type répond à des caractéristiques et objectifs distincts. Nous présentons ici les définitions et nous discuterons dans la section suivante leurs relations avec les motivations et les déterminants de l'innovation.

Innovation de produit : Une innovation de produit correspond à l'introduction d'un bien ou d'un service nouveau ou sensiblement amélioré sur le plan de ses caractéristiques ou de l'usage auquel il est destiné. Elle est perçue souvent comme une modification du contenu technologique du bien ou une amélioration de ses conditions d'utilisation. L'objectif est généralement d'améliorer les prestations offertes aux clients et de répondre à de nouveaux besoins. Ce type d'innovation repose en général sur des compétences d'interface entre les deux environnements de l'entreprise : en interne, les activités de recherche et développement (R&D) et le marketing ; en externe, les utilisateurs du bien et les concurrents, sources de nouvelles opportunités.

Innovation de procédé : Une innovation de procédé concerne essentiellement la mise en oeuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle, ou sensiblement améliorée. Les méthodes peuvent impliquer des modifications portant sur l'organisation de la production, pour diminuer les coûts unitaires de production ou de distribution et sur l'amélioration de la qualité (notamment pour développer de nouveaux produits qui peuvent aussi avoir des besoins spécifiques en termes production et de distribution). Cette notion implique des changements significatifs dans les techniques, le matériel ou le *logiciel*. Ces changements visent en général à simplifier le processus de production et à réduire les coûts, afin de préserver et de renforcer la compétitivité de l'entreprise. Contrairement à l'innovation de produit, l'innovation de procédé repose généralement sur le développement des compétences orientées vers les fournisseurs et surtout les fournisseurs d'équipements. Les compétences d'interface interne concernent surtout la relation entre la R&D et la production, plutôt que la R&D et le marketing.

Innovation organisationnelle : Une innovation d'organisation est la mise en oeuvre d'une nouvelle organisation dans les pratiques, du lieu de travail ou des relations extérieures de l'entreprise. Elle peut avoir pour but d'améliorer les performances d'une entreprise en réduisant les coûts administratifs ou de transaction, en améliorant le niveau de satisfaction au travail, en accédant à des biens non marchands (comme le savoir extérieur non codifié) ou en réduisant les coûts des approvisionnements. Ainsi, elle forme une des facettes de l'innovation de procédé.

Innovation de commercialisation : Les innovations de commercialisation visent à mieux satisfaire les besoins des consommateurs, ouvrir de nouveaux marchés ou positionner d'une manière nouvelle un produit de l'entreprise sur le marché afin d'augmenter les ventes. Elles consistent à la mise en oeuvre de nouvelles méthodes de commercialisation impliquant des changements significatifs de la conception ou du conditionnement, de la promotion ou de la tarification d'un produit. Elles correspondent à des innovations de procédé et elles sont souvent nécessaires au succès des innovations de produit.

La suite de notre travail va surtout mettre l'accent sur la distinction entre l'innovation de produit et l'innovation de procédé. Les deux autres catégories seront mobilisées uniquement quand elles apportent des précisions aux mécanismes étudiés. Il est à noter que cette classification de nature statique présente de nombreuses limites. Comme nous le

verrons plus loin, elle ne tient pas compte de la tendance des différents types d'innovations à se succéder suivant les stades d'évolution de la demande ou de la technologie Abernathy & Utterback (1978). Un modèle, où les différents types d'innovation, les conditions de la concurrence et la structure d'organisation interagissent et sont étroitement liées ensemble, doit être adopté pour mieux comprendre les processus d'innovation. Une vision dynamique mettant en rapport les innovations passées des firmes et leur capacité actuelle d'innovation est aussi nécessaire du fait de la nature cumulative des connaissances (Cohen & Levinthal 1989). De plus, une innovation de produit dans un secteur peut correspondre à une innovation de procédé dans un autre qui utilise ce produit comme bien intermédiaire. Les innovations de procédé ont souvent des répercussions significatives sur les produits et inversement, les innovations de produit peuvent nécessiter des améliorations dans les procédés de fabrication.

Observation 1 *Il existe une certaine complémentarité entre les différentes formes d'innovation au sein d'une firme. Par exemple, les innovations de produit souvent nécessitent des innovations de procédés.*

Les différentes approches classiques de l'innovation opposent souvent deux modèles. Le premier concerne une innovation de rupture, rare et risqué, qui bouleverse le marché à la fois pour les clients et pour l'entreprise. Le second concerne l'amélioration incrémentale qui permet à l'entreprise de renforcer son offre, sans changer fondamentalement les habitudes du client ou la chaîne de valeurs.

2.2.2 Typologie selon le degré de l'innovation

Deux dimensions permettent de définir les modèles d'innovation : le degré de nouveauté pour le marché et le degré de nouveauté pour l'entreprise. La classification des innovations selon le type du changement qui en résulte et le degré de leur impact sur le marché ou sur la technologie est aussi importante. Cette distinction englobe principalement deux types d'innovation : l'innovation radicale et l'innovation incrémentale. La première cherche à développer des sources de valeur que les firmes elles-mêmes ne connaissent pas complètement. Par opposition, l'innovation incrémentale s'adresse aux besoins manifestes des procédés de production actuelles ou des clients. Ces deux types d'innovation impliquent aussi un équilibre différent entre les activités d'exploration et d'exploitation dans la firme (March 1991).

Innovation radicale : L'innovation radicale ne se manifeste pas fréquemment. Elle correspond à l'introduction d'une technologie générique qui affecte l'organisation du travail et la productivité dans un grand nombre d'activités, aussi bien du point de vue de l'entreprise qui l'a introduit que du point de vue du marché qui l'a reçu. Ce type d'innovation constitue une richesse stratégique quant à la croissance à long terme, mais son développement est plus coûteux et risqué. Elle ne s'adresse pas nécessairement à une demande bien identifiée, mais elle crée une demande précédemment non exprimée par le marché. Cette demande implique souvent une nouvelle structure du marché et

même, l'émergence de nouvelles industries et de nouveaux concurrents. Elle est perçue, par Schumpeter (1942), comme une source de destruction créatrice (un changement qualitatif) qui incessamment révolutionne la donne à l'intérieur de la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillissants et en créant d'autres éléments neufs.

Elle est aussi à l'origine de l'orientation de l'industrie au sein d'une nouvelle trajectoire technologique, dans le sens où elle déplace réellement la frontière des connaissances techniques s'il s'agit d'innovation de procédé, et elle élargit radicalement la gamme des produits et services dans le cas d'innovation de produit. Elle nécessite que l'organisation accorde un poids plus important aux activités d'exploration, même si elles sont plus risquées.

Innovation incrémentale : L'innovation incrémentale (ou *mineure*) constitue un changement progressif découlant d'une innovation radicale qui permet d'améliorer une technologie afin de l'adapter aux spécificités des secteurs et des marchés qui vont l'adopter. Elle concerne l'introduction par l'entreprise d'améliorations de produits existants par ailleurs sur le marché ou bien l'introduction dans l'entreprise d'équipements et de composants novateurs qu'elle n'aurait pas mis au point elle-même. Ces innovations sont souvent réalisées par des entreprises qui font relativement peu de recherche en interne et qui recourent peu aux brevets et aux licences externes. Elles jouent néanmoins un rôle important dans l'augmentation du stock de connaissances d'une entreprise et de ses capacités à développer de nouveaux produits ou procédés (Cohen & Levinthal 1989).

Au-delà d'une typologie par définition très contrastée, la question du degré de changement révèle que l'innovation se situe en fait sur un continuum dont l'innovation incrémentale et radicale en seraient les deux extrêmes (Amara & Landry 2005). Nous pouvons ainsi affiner cette typologie en distinguant trois critères permettant de qualifier le degré de nouveauté :

Perception relative à l'adopteur : l'innovation peut concerner toutes les pratiques ou produits perçus comme nouveaux par l'individu ou toute entité qui l'adopte (Zaltman et al. 1973, Rogers 1983).

Le degré de nouveauté : l'innovation peut être définie comme le premier usage d'un produit, processus ou technique dans un secteur donné ou un contexte particulier.

Le changement induit : l'innovation peut être défini à partir de la nature et l'ampleur du changement induit. On qualifie un changement comme innovateur à partir du moment où il a pour effet de répondre aux exigences du marché ou de transformer la structure ou le processus de production.

Observation 2 *Une innovation peut correspondre à une nouveauté à différents niveaux, allant d'un déplacement de la frontière technologique mondiale à une nouveauté au niveau d'une industrie particulière, voire d'une firme individuelle.*

Nous allons mobiliser ces différents concepts dans l'analyse qui sera exposée dans la section suivante. Nous allons aborder l'analyse des processus d'innovations et considérer

les réponses qui ont été apportées dans la littérature aux deux questions : Quelles sont les motivations des agents dans leur recherche à innover ? Quels sont les déterminants des innovations des firmes ? Pour aborder la littérature très riche qui considère ces deux questions, nous allons retenir une stratégie d'exposition qui part du cadre le plus simple possible dans lequel l'innovation peut apparaître (l'économie de Robinson Crusoé) et qui aborde successivement des contextes économiques de plus en plus riches.

3 Motivations et déterminants de l'innovation

L'innovation est un phénomène social bien sûr, et elle prend son sens surtout quand on l'aborde dans un contexte d'interaction entre les agents économiques et les économies. Pour pouvoir organiser notre discussion selon une logique progressive, nous allons d'abord considérer la situation d'un agent économique seul qui cherche à subvenir à ses besoins. En effet, même dans un contexte aussi simplifié, l'agent a besoin de mettre en oeuvre de nouvelles procédures et produits. Cela sera suivi par l'introduction d'autres agents (d'abord d'autres utilisateurs, ensuite des concurrents) et d'autres niveaux économiques que l'échange. Pendant cette démarche, les motivations à innover et les autres déterminants de cette innovation seront introduits dans le cadre qui est le plus pertinent pour eux, au fur et à mesure qu'augmente la richesse des environnements que nous considérerons. Nous allons démarrer cette exposition en considérant le cas de Robinson Crusoé isolé seul sur une île.

3.1 Robinson seul sur une île isolée

Pour comprendre les motivations de l'innovation nous commençons par l'exemple simple de Robinson Crusoé dont le navire s'est échoué sur une île isolée. Se trouvant seul au monde, isolé dans son île, il n'a pas les moyens de procéder à des échanges ou faire du commerce avec le reste du monde. Il doit néanmoins se consacrer à toutes les tâches nécessaires à sa survie en fonction des possibilités qui s'offrent à lui, dans le cadre des contraintes imposées par la nature. Comme notre objectif est d'étudier le comportement d'innovation des entreprises, nous pouvons en particulier imaginer que cet agent isolé, qui est à la fois producteur et consommateur, organise son activité sur la base des ressources dont il dispose, pour satisfaire seul à l'ensemble de ses besoins. Nous allons d'abord considérer les facteurs qui poussent Robinson à innover. Nous poursuivrons la discussion ensuite, en prenant en compte ceux qui orientent et limitent cette activité d'innovation.

3.1.1 Motivations de Robinson à innover

Isolé sur son île (donc avant l'arrivée de Vendredi), Robinson peut satisfaire ses besoins de base en se contentant de la cueillette, mais une des caractéristiques de ce personnage qui représente, dans le roman de Daniel Defoe, l'Europe à la veille de la Révolution industrielle, est justement sa propension à chercher à améliorer ses conditions matérielles en forçant la Nature qui l'entoure. Ayant récupéré quelques outils de l'épave du bateau, il va notamment démarrer assez rapidement la culture du blé. Il est assez vite confronté

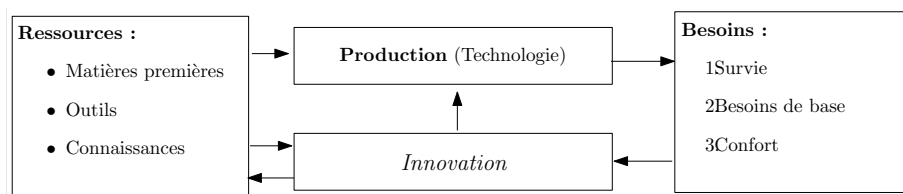


FIGURE 1 – Innovation dans l'économie de Robinson Crusoe

alors à des problèmes de production de base et au besoin d'innovation : "Il était superflu de demeurer oisif à souhaiter ce que je ne pouvais avoir ; la nécessité éveilla mon industrie" (Chapitre 9).

En somme, le problème de Robinson est universel : confronté à de nouvelles situations, il doit développer de nouvelles solutions aux problèmes que ces situations génèrent.

Le 17 [novembre 1659]. — Je commençai, en ce jour, à creuser le roc derrière ma tente, pour ajouter à mes commodités.

NOTA : Il me manquait, pour ce travail, trois choses absolument nécessaires, savoir : un pic, une pelle et une brouette ou un panier. Je discontinuai donc mon travail, et me mis à réfléchir sur les moyens de suppléer à ce besoin, et de me faire quelques outils. Je remplaçai le pic par des leviers de fer, qui étaient assez propres à cela, quoique un peu lourds ; pour la pelle ou bêche, qui était la seconde chose dont j'avais besoin, elle m'était d'une si absolue nécessité, que, sans cela, je ne pouvais réellement rien faire. Mais je ne savais par quoi la remplacer. (Extrait du journal de Robinson)

Ce besoin de résoudre les problèmes nouveaux est le moteur principal des innovations et l'exemple de Robinson nous permet de montrer qu'il ne nécessite en soi ni marché, ni concurrent pour s'exprimer. Bien sûr, l'introduction d'un contexte social et économique plus riche est nécessaire pour comprendre la complexité des processus d'innovation modernes.

Si on schématise encore plus cet exemple déjà réducteur, nous pouvons faire facilement le lien avec le rôle des innovations dans les processus de production. Le problème de Robinson est de tirer avantage des matières premières (les ressources de l'île), du capital (les outils récupérés sur l'épave) et de ses connaissances passées pour essayer de subvenir le mieux possible à ces besoins. Sa motivation principale est la survie (répondre à ses besoins vitaux) dans un premier temps et l'amélioration de sa situation ensuite (Figure 1).

Dans cette économie très simple, le problème de Robinson est de mettre en oeuvre les ressources (inputs) dont il dispose de manière suffisante pour répondre à ses besoins par sa production (outputs). L'état des connaissances techniques de Robinson conditionne la technologie avec laquelle il peut transformer des inputs en outputs. Nous pouvons représenter cette technologie par analogie avec l'activité semence où les graines du blé peuvent être consommées ou utilisées comme facteurs de production pour produire encore plus.

Quand les procédés qu'il utilise ne lui permettent pas de subvenir à ses besoins, Robinson doit trouver des procédés qui lui permettent d'utiliser moins d'inputs, donc de réduire ses *coûts* de production (nous n'avons pas de prix ici bien sûr, ces coûts sont en termes de biens). La réduction des coûts et la substitution d'un facteur par un autre dans la production sont les deux motivations principales de Robinson pour innover (Simon 1949). Cette motivation possède donc une dimension quantitative (réduire les quantités d'inputs utilisés) et une dimension qualitative (changer de processus de manière à utiliser des matières premières qui n'étaient encore mobilisées).

Le 18 [novembre 1659]. — En cherchant dans les bois, je trouvai un arbre qui était semblable, ou tout au moins ressemblait beaucoup à celui qu'au Brésil on appelle bois de fer, à cause de son excessive dureté. (...)

La dureté excessive de ce bois, et le manque de moyens d'exécution, firent que je demeurai longtemps à façonner cet instrument ; ce ne fut que petit à petit que je pus lui donner la forme d'une pelle ou d'une bêche. Son manche était exactement fait comme à celles dont on se sert en Angleterre ; mais sa partie plate n'étant pas ferrée, elle ne pouvait pas être d'un aussi long usage. Néanmoins elle remplit assez bien son office dans toutes les occasions que j'eus de m'en servir. Jamais pelle, je pense, ne fut faite de cette façon et ne fut si longue à fabriquer. (Extrait du journal de Robinson)

Cet exemple correspond à un *changement technique induit* qui agit ainsi pour permettre à un facteur rare ou un substitut proche de devenir plus abondant. L'intérêt accordé à l'effet des *dotations en facteurs* sur la direction du changement technique apparaît assez tôt dans l'analyse des innovations, dès la théorie du changement technique induit de Hicks (1932). Chez Hicks le changement dans le prix relatif des facteurs de production est lui même une impulsion à l'innovation pour économiser l'utilisation du facteur qui devient relativement plus cher. Cependant, le producteur est intéressé, dans ce contexte, par la réduction des coûts des inputs en totalité et non pas des coûts particuliers ou les coûts de capitaux. Chez Robinson, le changement dans la difficulté d'obtenir un input (suite à l'épuisement d'une ressource dans le voisinage de son camp, par exemple) aurait le même type d'effet. Cela nécessite bien sûr la substituabilité entre plusieurs inputs.

Dans les deux extraits du journal, nous observons clairement que le désir de s'offrir de nouveaux services ("ajouter à mes commodités"), conduit Robinson à développer à la fois de nouveaux bien capitaux et de nouveaux procédés de production, les deux processus étant fortement imbriqués. On peut aussi remarquer une autre caractéristique commune de beaucoup de processus d'innovation : l'innovation nécessite un effort qui prend la forme d'une réorientation des ressources vers cette activité pour sa réalisation (ici l'effort peut être utilisé au sens premier du terme, étant donnée la description qu'en donne Robinson).

Observation 3 *Concernant les principales motivations des innovations :*

1. *La réduction des coûts de production est une motivation courante des innovations de procédés.*

2. *Répondre à de nouveaux besoins est une motivation primordiale des innovations de produits.*
3. *Les innovations de procédés et de produits diffèrent en général dans leurs motivations.*

3.1.2 Déterminants des innovations de Robinson

La manière dont Robinson peut subvenir à ses besoins et les innovations qu'il peut réaliser dans ce but dépendent non seulement de cette motivation, mais aussi des conditions matérielles qui caractérisent son environnement, ses efforts de recherche et la dynamique qui est propre à la création des connaissances. Robinson Crusoe arrive dans un environnement inconnu, caractérisé par des conditions matérielles particulières. Il doit découvrir très rapidement les moyens de s'y adapter en vue de subvenir à ses besoins. Aussi, arrive-t-il sur l'île avec quelques connaissances et savoir-faire de base et il doit les mobiliser pour résoudre les problèmes qu'il rencontre (notamment pour transformer les ressources qu'il découvre dans son environnement). Les connaissances dont il dispose vont orienter sa capacité à inventer à partir de ces ressources. La dynamique des connaissances, liée à son apprentissage, pourra lui permettre d'étendre ces possibilités de transformation, mais il devra mobiliser des ressources (temps, énergie, ingéniosité) pour y arriver. En fonction de l'accumulation qu'il sera capable de réaliser, en dégageant un surplus, il pourra augmenter l'échelle de sa production et cela, à son tour, ne sera pas sans conséquences sur ses capacités à innover.

Conditions matérielles : Les ressources que Robinson découvre sur l'île, d'abord dans le voisinage immédiat de son campement, de plus en plus loin ensuite, délimitent la production et les innovations qu'il peut développer. Sur une île complètement déserte et sans plantes, ni animaux comestibles, ses possibilités d'invention et de survie auraient été dramatiquement réduites bien sûr. Heureusement pour lui, son île n'est pas dépourvue du minimum nécessaire et il a la possibilité de récupérer un "capital" sur l'épave. A partir de ces conditions matérielles, il exploite les ressources de l'île pour étendre la gamme de biens qu'il peut se fournir en vue de satisfaire ses besoins et même d'atteindre un minimum de confort. Au début, Robinson Crusoe ne sait pêcher qu'à la main. Au fil du temps, il confectionne des filets de pêches avec des vignes vierges trouvées sur l'île. Il construit une pelle à partir d'un bois particulièrement dur qu'il découvre sur l'île, comme nous l'avons vu dans la section précédente, etc.

L'activité d'innovation s'inscrit dans un environnement que constitue un ensemble de conditions matérielles et de contraintes relatives aux technologies disponibles. Ces conditions externes de départ ordonnent la stratégie de Robinson dans son activité de transformation des opportunités techniques en informations pour la production d'un nouveau produit. Le nouveau produit peut être conçu grâce aux emprunts faits à des connaissances et modèles antérieurs (l'idée de la pelle en métal). Les tests et les expérimentations, au cours du temps, font surgir de nouveaux problèmes et de nouvelles occasions d'innover (Foray & Gibbons 1996). Les innovations sont des actes créatifs qui visent à faire au

mieux avec l'existant. Elles résultent des interdépendances entre les différentes parties du système technique.

Observation 4 *L'activité d'innovation des firmes est orientée en fonction de l'environnement que constituent les conditions matérielles et les technologies disponibles (étant donné l'état des connaissances techniques).*

En particulier, le chemin que parcourt Robinson pour ses innovations possède une dimension cumulative et irréversible, du fait même de la dynamique des connaissances.

Dynamique d'accumulation des connaissances : Robinson est obligé de compter avec les connaissances dont il dispose à son arrivée (la base de connaissances qu'il a accumulée pendant sa vie avant le naufrage). Si le naufrage avait eu lieu plus tard dans l'histoire et si Robinson avait été un ingénieur en chimie, il aurait sûrement repéré d'autres caractéristiques des ressources disponibles dans son environnement et perçu d'autres possibilités d'innovation. Les éléments sur lesquels il se focalise dès le début sont conditionnés par un processus cumulatif : au fur et à mesure qu'il explore son environnement, il développe de nouvelles innovations mais elles suivent le chemin ouvert par les précédentes inventions et répondent aux besoins créés par leur mise en oeuvre.

La base de connaissances de l'entreprise est caractérisée par sa nature plus ou moins implicite qui impose à l'entreprise de compter sur ses propres compétences¹ et sur l'intégration de sources variées de connaissances. Le phénomène de dépendance au sentier (*path dependency*), appliqué au choix des technologies, dessine les *sentiers d'innovation* (David 1985, Arthur 1989, David & Foray 1995) et caractérise le conditionnement temporel des développements technologiques (un pas effectué conditionne le pas suivant). Ce processus est affecté par la relation complexe qui existe entre l'entreprise et son environnement. L'innovation s'enracine dans la base d'expérience et dans les activités routinières. Elle est le résultat de l'expérience accumulée par l'entreprise et de son d'apprentissage passé (y compris l'apprentissage par la pratique *learning by doing*). Cet apprentissage prend souvent deux formes distinctes (March 1991) : L'*apprentissage par exploration*, qui concerne essentiellement la recherche des solutions techniques adéquates, dans un ensemble de possibles dont les limites ne sont pas encore clairement précisées. Il implique des changements de routines et d'expérimentation de l'entreprise avec de nouvelles alternatives et une prise de risque forte. Il permet à la firme d'étendre la gamme de ses compétences. L'*apprentissage par exploitation* qui se réfère à un processus de perfectionnement de la solution technique particulière finalement sélectionnée. Il correspond à un renforcement des connaissances et compétences existantes.

Observation 5 *L'innovation est le résultat de l'expérience accumulée par l'entreprise et de son d'apprentissage passé. Cela crée une dépendance au sentier dans sa capacité à innover.*

1. Nous reviendrons sur le concept de compétence dans le paragraphe suivant.

Ces deux types d'apprentissage sont combinés par Robinson, en vue de faire face aux difficultés qu'elle rencontre. Ils vont tous les deux nécessiter un effort de recherche de la part de l'entreprise, même si la nature de cette recherche peut être différente pour l'exploration et l'exploitation.

Effort de recherche : L'activité de recherche permet à Robinson d'accroître la somme de ses connaissances et de les utiliser pour des applications (Manuel d'Oslo 2005). Cette activité implique en général des coûts d'opportunités : une partie des ressources doit lui être dédiée : l'innovation est rarement gratuite et elle nécessite des investissements en recherche et développement (R&D). Ces investissements en R&D jouent un double rôle :

- Promotion et développement des compétences pour introduire des innovations.
- Amélioration des capacités d'absorption et d'apprentissage afin d'exploiter aux mieux les résultats des recherches réalisées par d'autres organismes.

La capacité à dégager des ressources qui peuvent être consacrées à la R&D dépend bien sûr des motivations stratégiques (priorité accordée à cette activité), mais aussi de la capacité à financer et à réaliser ces activités. Sous l'impulsion de Schumpeter (1942) et de Galbraith (1952), le rôle de la taille de la firme a été mis en avant dans cette capacité de financement.

Observation 6 *Innover nécessite en général d'orienter des ressources vers cette activité et elle implique des coûts et nécessite une capacité à les financer.*

Galbraith (1952) met l'accent sur l'importance de la taille dans l'activité d'innovation qui requiert d'importants moyens et ressources financières et il souligne la présence des économies d'échelle dans les activités de recherche. De même, la capacité à s'engager dans un ensemble diversifié de recherches dépend souvent de la taille de l'entreprise (Pavitt et al. 1987) et cette capacité permet à la firme de faire face aux risques inhérents à l'activité d'innovation. Cependant, la revue des travaux empiriques effectuée par Kamien & Schwartz (1975, 1982) souligne l'ambiguïté du rôle de la taille des entreprises dans la détermination des résultats des activités d'innovation. Ces études empiriques sur le rôle de la taille dans l'innovation peuvent être regroupées en 2 ensembles, selon qu'ils portent sur la relation entre la taille de l'entreprises et ses activités de recherche (l'innovation mesurée en terme d'inputs) ou sur la relation entre la taille de l'entreprise et le résultat de ses activités d'innovation (mesurée en terme d'output).

Taille de l'entreprise et effort de recherche : Généralement, seules les grandes entreprises peuvent supporter les efforts intenses de R&D, car elles sont capables de dégager des ressources importantes nécessaires au développement de nouveaux produits ou de nouveaux procédés. Les profits réalisés peuvent justifier la prise de risques dans les activités de R&D. Markham (1965) montre que l'effort d'invention augmente plus que proportionnellement avec la taille de l'entreprise, jusqu'à un point qui varie d'une industrie à l'autre, et en fonction d'autres variables. Ensuite, l'intensité de la recherche, définie par le rapport des dépenses de R&D sur la taille de l'entreprise, devient stable ou elle décroît. Ainsi, ces études empiriques sur la relation entre la taille et l'effort de

recherche ne permettent-elles pas de conclure que l'intensité de l'effort de R&D s'accroît avec la taille (*voir*, Kamien & Schwartz 1975). Aussi, les différences entre les branches d'activité expliquent-elles une part importante des différences d'intensité de R&D entre les entreprises (Cohen et al. 1987, Cohen & Klepper 1996*a*). Ces travaux exposent par conséquent une relation non-monotone (une courbe en "U-*inversé*") entre l'intensité de recherche et la taille de l'entreprise.

D'autres études contredisent ce résultat constatent une nouvelle relation en "U" : l'intensité de R&D décroît fortement lorsque la taille de l'entreprise augmente mais elle devient croissante après un seuil (Cremer & Sirbu 1978, Bound et al. 1984). Ainsi, Freeman (1982) montre que l'efficacité des petites entreprises peut être aussi forte que celle des grandes entreprises : elles produisent relativement plus d'innovations pour une unité monétaire investie dans la recherche. Cela n'implique pas que nous devons ignorer l'apport déterminant des laboratoires de recherche des grandes entreprises.

Ces hypothèses continuent de susciter de l'intérêt. Elles n'ont guère été confirmées par les études récentes car celles-ci se focalisent surtout sur la relation entre la taille de l'entreprise et résultats des activités d'innovation (Cohen & Klepper 1996*a,b*).

Taille de l'entreprise et résultats des activités d'innovation : Cette seconde modalité de relation entre la taille et l'innovation a également fait l'objet de nombreuses études empiriques (Mansfield 1968, Mansfield et al. 1971, Scherer 1965). En définitive, ces travaux empiriques n'ont pas abouti à un consensus quant au rôle de la taille de l'entreprise sur les résultats des activités d'innovation. Les études par branche d'activité montrent des différences considérables dans les relations observées (Acs & Audretsch 1987, 1988, 1990). Pavitt et al. (1987) indiquent que la distribution de la taille des entreprises innovantes possède une dispersion intersectorielle très forte. En effet, ils trouvent une variation très forte du nombre des innovations produites suivant les secteurs, avec une forte variation de la distribution de la taille. Ces variations intersectorielles sont expliquées en partie par les différences d'opportunités technologiques, de degré d'appropriabilité des résultats de la recherche et des possibilités de diversification. De plus, Cohen & Klepper (1996*a,b*) montrent que l'effet de la taille varie selon le type d'innovation. Ils indiquent que la taille est liée plus aux innovations de procédé qu'aux innovations de produit.

Observation 7 *Il n'existe pas vraiment de consensus sur la nature de la relation générale qui existe entre la taille de l'entreprise et son activité d'innovation. La taille jouerait un rôle plus important dans la réalisation des innovations de procédés.*

Nous élargissons maintenant notre cadre d'exposition de manière à intégrer une dimension plus sociale et interactive de l'innovation : la demande émanant d'autres habitants de l'île.

3.2 Robinson découvre les autres habitants de l'île

Déviions quelque peu de l'histoire originale de Robinson pour enrichir notre cadre de présentation. Il est clair qu'une appréhension de plus en plus complète des motivations

à innover va très rapidement nous éloigner de la parabole de Robinson. Nous supposons maintenant que Robinson découvre sur l'île un village d'indigènes amicaux auxquels il peut proposer le supplément de sa production². Pour nous approcher du contexte des économies modernes, nous allons aussi supposer que ce village contient aussi une place de marché sur lequel les biens sont échangés contre un bien qui joue le rôle de monnaie (l'unité de compte). Ce cadre va alors nous permettre d'introduire une première forme d'interactions sociales dans la détermination des activités d'innovation : les interactions entre un producteur-innovateur et ses clients.

Face à ces "consommateurs", Robinson devra jouer sur le prix auquel il propose chacun des biens pour les convaincre de les acheter. Il pourra aussi élargir ses possibilités de production en achetant des matières premières aux indigènes. Nous supposons à ce stade qu'il est le seul à produire les biens pour lesquels il mobilise les outils qu'il a récupéré sur l'épave du bateau.

Si Robinson désire augmenter la demande pour les bien qu'il vend, il devra baisser le prix mais il ne pourra mieux subvenir à ses besoins que s'il arrive à dégager suffisamment de profit pour acheter sur le marché les biens dont il a besoin. Par conséquent, il doit trouver des procédés de production plus économes. Cela va par conséquent le motiver dans la réalisation des innovations de procédés.

Par ailleurs, en observant les autres habitants de l'île, Robinson peut découvrir qu'ils ont des besoins différents des siens aux quels il pourrait répondre avec ses outils et ses connaissances techniques. Il sera alors incité à étendre sa gamme de production et réaliser des innovations de produits. Il se rendra aussi compte que s'il produit des biens de meilleure qualité (soit plus solides, soit plus attractifs selon les goûts des indigènes), il pourra en tirer un plus grand revenu, ce qui va aussi motiver des innovations de produit. De plus, il peut aussi remarquer que les hommes et les femmes du village ont des besoins différents et il pourra demander plus cher à chaque groupe en leur fournissant des biens mieux adaptés à leurs besoins spécifiques. Ce désir de diversification l'incitera à développer de nouveaux produits. Toute évolution de la demande des habitants de l'île changera la donne pour Robinson et l'incitera à adapter sa production à cette évolution.

De plus, la question de la compatibilité entre la demande et les conditions matérielles de la production devient importante face à une demande diversifiée. Le problème d'identification des innovations peut être réduit par l'implication des utilisateurs leader (*lead-users*) : les attentes des clients sont alors parfaitement connus et elles peuvent se traduire en fonctionnalités du produit. Fonctionnalités qui appellent, à leur tour, des efforts de recherche et des raffinements des technologies déjà identifiées.

3.2.1 La demande comme motivation de l'innovation

De manière plus générale, l'innovation technologique est associée au marché auquel l'entreprise doit s'adapter. Le consommateur constitue, par sa demande et ses préférences, une source de l'innovation. La nécessité d'adapter la production à une demande est

2. Dans le roman, les seuls indigènes que Robinson rencontre sur l'île ne sont pas vraiment amicaux, ni habitants de l'île.

une importante motivation des entreprises pour innover. Les principaux facteurs qui interviennent dans l'impulsion de cette innovation sont principalement l'attitude vis-à-vis des marchés (anticipation et réaction), la taille du marché potentiel, l'existence d'une demande potentielle, la nature de cette demande, et le potentiel du développement de l'offre (augmentation des ventes).

L'approche mettant l'accent sur l'impulsion par la demande (*demand-pull*), initialement associée aux travaux de Griliches (1957) et de Schmookler (1962, 1966), souligne l'importance de l'effet du changement de la demande de marché sur les connaissances et la technologie des firmes. Schmookler (1966), dans une étude de l'innovation dans quatre secteurs industriels (chemins de fer, équipements de l'agriculture, papiers et pétrole), montre que la demande est plus importante dans la stimulation de l'activité d'invention que les avancées dans l'état des connaissances. Il montre que les équipements issus des innovations dans les industries à fortes opportunités technologiques (secteurs d'origine) ont tendance à être adoptés ultérieurement dans les secteurs où la demande est élevée (secteurs d'utilisation). Il met en évidence une forte corrélation entre les activités d'invention et le volume des ventes. Ainsi, l'accroissement de l'investissement et l'innovation sont deux réponses à une demande insatisfaite. Donc, l'innovation est motivée ici par la substitution à des produits existants. Cependant, les processus d'innovation impliquent souvent des relations de complémentarité. Par exemple, les innovations biologiques nécessitent, pour leur succès, des innovations chimiques (Rosenberg 1974). Donc, les inventions ne sont pas exogènes, mais elles sont des réponses liées à la résolution des problèmes économiques ou l'exploitation des opportunités technologiques. La demande représente l'impulsion initiale et explique également le développement de nouvelles technologies. Griliches (1957) souligne aussi le rôle de la demande dans la détermination du profil temporel (*timing*) et de la localisation de l'invention. Les arguments sur le rôle de la demande et de la technologie dans l'incitation au changement technique ont été mis en avant après les années 60. Le modèle d'incitation par la demande est aussi soutenu par Lucas (1967) et Ben-Zion & Ruttan (1978, 1974) qui montrent que le changement technologique est une réponse à la demande globale.

Observation 8 *L'intensité, l'orientation et le profil temporel des activités d'innovation des firmes dépendent fortement de l'évolution de la demande sur leurs marchés (demand pull).*

3.2.2 Le demande comme déterminant de l'innovation

L'innovation est stimulée par l'intention de répondre d'une façon nouvelle à un besoin qu'on a identifié et par son adoption finale par l'utilisateur. Donc, c'est un processus qui consiste à faire correspondre à un besoin réel ou potentiel, un marché et des solutions réalisables. L'adéquation entre la nature de la demande et les conditions matérielles conditionne la conception d'un produit techniquement réalisable et satisfaisant les besoins exprimés par les consommateurs. Cette compatibilité permet à l'entreprise de concevoir les différents composants du nouveau produit en intégrant les contraintes techniques et socio-économiques déjà en place. En effet, l'innovation et la consommation sont en

interaction perpétuelle, contrainte par le système matériel qui conditionne le succès du lancement d'un nouveau produit.

Rosenberg (1982) souligne que les interactions avec les utilisateurs et leur retour d'expérience (*learning by using*) est une source importante d'apprentissage pour le producteur qui innove en produit, surtout s'il s'agit de biens intermédiaires. De manière plus spécifique, von Hippel (1986) souligne le rôle fondamental que peut jouer une classe particulière d'utilisateurs : *lead-users* qui participent activement à la définition de nouveaux produits et qui sont une source d'idées nouvelles dans l'amélioration des produits existants (von Hippel 1976, 1988).

Observation 9 *Les firmes qui établissent une communication avec leurs clients sont capables de mieux adapter leurs produits à la demande. Cela constitue alors un canal important dans l'orientation de l'innovation par la demande.*

Selon l'approche de cycle de vie de produit de Vernon (1966), la communication entre le marché et les producteurs potentiels constitue la source principale de développement de nouveaux produits. La demande de marché détermine les différentes phases du cycle de vie du produit. Elle commande par sa composition et son rythme d'expansion la dynamique de l'effort d'innovation. Trois phases de cycle de vie de produit, influencées par la demande, sont identifiées : la phase de production, la phase de détermination des caractéristiques de la production et enfin, la phase de standardisation du produit. Le revenu des consommateurs joue un rôle important dans le conditionnement de la localisation et la réalisation de la première phase de production où les entrepreneurs sont conscients qu'ils doivent satisfaire les nouvelles demandes associées. La deuxième phase est caractérisée par la stabilisation de la production. La dernière phase est caractérisée par la standardisation des techniques de production. Nous reviendrons sur ces approches dans le paragraphe suivant où les interactions entre les producteurs et les besoins de coordination sur le marché joueront un rôle plus central.

Pour avoir une vision plus complète des dimensions sociales de la création de connaissances, nous devons inclure les autres firmes (les concurrents de Robinson) dans le tableau. Il sera alors possible de souligner le rôle de la diffusion des connaissances, des concepts de paradigme et de dominant design, de l'appropriation, de la capacité d'absorption et des dimensions sectorielles ainsi que du cycle de vie de l'industrie.

3.3 Découverte de l'archipel et de la concurrence

Supposons maintenant que Robinson découvre en fait que son île fait partie d'un archipel regroupant d'autres îles entre lesquelles il est possible de naviguer facilement et de transporter des marchandises³. Nous supposons aussi sur ces îles habitent d'autres consommateurs potentiels des biens produits par Robinson, mais aussi d'autres producteurs qui proposent les mêmes biens ou des substituts proches. Robinson peut alors

3. Les descriptions géographiques données par Defoe, correspondent plutôt à celle de l'île de Tobago qui se situe dans la Mer des Caraïbes, proche de l'île de Trinidad (Source : <http://www.robinsoncrusoe.ca>).

bénéficier de nouvelles opportunités de création (face à un ensemble de besoins plus diversifié) mais doit aussi faire face à la concurrence des autres producteurs. Ce cadre permet aussi l'émergence d'industries où interviennent les producteurs des mêmes classes de bien. Nous supposons aussi que chacun de ces biens est échangé sur un marché qui couvre tout l'archipel et les échanges se font grâce à une unité monétaire commune à toutes les îles.

Le cadre que nous abordons à ce point est considérablement plus riche que ceux que nous avons discuté précédemment et cette section sera la plus longue de ce papier. Les dimensions de l'innovation que nous allons considérer seront assez complexes et elles ne vont pas se laisser appréhender par la dichotomie simple motivations/déterminants. Par conséquent, le plan de ce papier ne suivra pas exactement ce schéma.

Dans cet environnement économique plus riche, Robinson va être confronté à de nouveaux problèmes que les innovations technologiques peuvent l'aider à résoudre. Le premier est bien sûr la concurrence des autres producteurs qui produisent les mêmes biens que lui ou des substituts proches. Nous aborderons ainsi l'une des sources les plus importantes de l'innovation dans les économies capitalistes modernes : se maintenir sur des marchés, face à d'autres firmes innovantes, ou gagner des parts de marché supplémentaires, va rendre nécessaire une recherche continue d'innovations par Robinson.

L'existence d'autres producteurs et l'émergence des industries vont impliquer d'autres problèmes qui sont d'ordre collectif : la définition même des biens, des technologies et les structures industrielles résulteront de l'interaction des firmes. Cette économie plus complète va aussi impliquer une complexité plus importante du côté de la demande et la possibilité d'une dynamique plus riche de celle-ci, rendant cruciale la capacité des firmes à s'adapter à son évolution.

Les concurrents peuvent perturber le désir de Robinson d'imposer au marché sa définition du produit (puisqu'ils participent eux aussi au développement du produit), mais ils peuvent aussi constituer une source de nouvelles connaissances pour lui. Cette dimension sociale de la création et diffusion des connaissances dans l'industrie pourra aussi conduire à une dynamique collective qui peut être sujet à des irréversibilités.

3.3.1 Concurrence et innovation

Dans quelle mesure la concurrence sur le marché incite-t-elle les entreprises à accroître leurs efforts pour innover ? Comme le souligne Aghion & Griffith (2005), les réponses apportées à ces questions par la théorie économique et les travaux empiriques sont assez ambigus. Au niveau théorique, deux visions de cette relation s'opposent. Les travaux en organisation industrielle soulignent le rôle dissipateur de rentes de la concurrence : quand la concurrence est forte, les firmes ont moins de ressources pour innover. De plus, si la firme anticipe qu'elle va se trouver dans une industrie fortement concurrentielle même après l'innovation, cela réduira ses motivations à consacrer des ressources rares à cette activité. À cette vision plutôt statique, s'oppose une vision où l'innovation permet à la firme d'échapper à la concurrence, soit en se créant des niches où elle a peu de concurrents, soit en réduisant ses coûts au point de faire sortir certains concurrents moins efficaces du marché. Considérons plus en détail cette seconde vision quant au rôle de la concurrence.

Pression de la concurrence et innovation : Sur les marchés où d'autres producteurs proposent le même bien ou un substitut parfait (lorsque le produit est homogène), Robinson sera motivée par la réduction de ses coûts de production. L'innovation de procédé peut permettre cela en conduisant une technologie plus économe en facteurs car elle permet des gains de productivité. Dans ce cas, Robinson pourra obtenir une meilleure marge bénéficiaire sur le prix du marché. Il peut poursuivre des stratégies offensives ou défensives selon la nature de la demande qui détermine la sensibilité de sa part de marché par rapport aux politiques suivies par ses rivaux. Face à la concurrence des firmes avec qui il doit partager le marché, Robinson peut adopter :

- Une stratégie *défensive*, par l'augmentation de la marge grâce aux baisses de coût, obtenues grâce à des innovations de procédés, en vendant au même prix. Robinson aura aussi la nécessité de suivre la baisse de prix de ses concurrents qui arrivent à innover les premiers. Ici, c'est l'innovation des autres firmes qui augmentent la pression sur Robinson et qui l'incite à chercher à innover pour se défendre. Ce mécanisme est surtout à la source des innovations de procédés.
- Une stratégie *offensive*, en cherchant à diminuer le prix, pour essayer d'attirer une part plus importante de la demande, tout en vendant le même produit. S'il arrive à suffisamment baisser ses coûts, il peut même bénéficier en même temps d'une part de marché plus importante, notamment devenant capable de servir une partie de la demande avec la disponibilité à payer plus faible et améliorer ses marges bénéficiaires. Pour cela, il doit prendre le devant et innover avant ses concurrents (ou plus fortement qu'eux), pour s'assurer sur le marché une position stratégique favorable. Une innovation forte en termes de procédés peut même lui permettre de protéger l'entrée du marché face à de nouveaux concurrents (construire des barrières à l'entrée). Le degré de dépendance de l'entreprise à l'égard de ses concurrents est lié au faible attachement des acheteurs à son produit, tenant à l'homogénéité du produit. Le lancement d'un nouveau produit peut, d'un autre côté, permettre à Robinson d'avoir une plus grande autonomie par rapport à ses concurrents. La différenciation de produit (que cela soit de nature verticale -augmentation de qualité- ou horizontale - s'adapter à certains segments de la demande) permet à Robinson d'éviter l'encerclement de ses débouchés par ses rivaux et réduire l'interdépendance face à eux. Cette fois-ci, ce sont les innovations de produits qui seront recherchées par lui.

Observation 10 *Pour faire face à la concurrence des autres firmes et à celle des entrants potentiels, la firme cherchera à innover, soit pour vendre le bien actuel moins cher que ses concurrents (innovations de procédés), soit pour ouvrir de nouvelles niches, en différenciation son produit de celui des concurrents (innovations de produit).*

La stratégie offensive peut aussi prendre une forme extrême : la recherche d'un pouvoir de monopole.

Recherche du pouvoir du monopole : Une manière extrême d'échapper à la concurrence est d'obtenir une position dominante face à des rivaux preneurs de prix ou une position de monopole. C'est l'une des motivations importantes des innovations, quand les

firmes peuvent s'approprier fortement les technologies ou nouveaux biens qu'elles créent. La domination de marché est le pouvoir de contrôler les prix en face des concurrents actuels ou, à plus long terme, potentiels. Il requiert ainsi la capacité à réduire ou éliminer la concurrence par l'instauration ou le renforcement des barrières à l'entrée.

Une version extrême de cette configuration est observé dans le modèle bien connu d'Arrow (1962) où, dans un marché de concurrence parfaite, symétrique en termes de coût, la firme qui arrive à innover de manière suffisamment forte est capable d'obtenir une position de monopole. Si l'une des firmes peut fortement baisser ses coûts de manière à pouvoir pratiquer un prix (parfois même de monopole) suffisamment bas pour que ses concurrent ne puissent la suivre, elle peut monopoliser le marché. Dans ce cas, ce sont les profits après innovation qui la motive principalement et la faiblesse des profits avant innovation renforce, le cas échéant, cette motivation. Une position de monopole bien protégée peut ensuite réduire le désir d'innover de la firme puisqu'elle est à l'abri de la concurrence. Ce mécanisme seul ne peut pas, par conséquent, expliquer l'arrivée continue d'innovations sur le marché, les motivations que nous avons discutées en l'absence de concurrence doivent être présentes pour cela. Dans ce cas, les rentes obtenues grâce à la position de monopole peuvent faciliter la conduite des activités de recherche en vue d'innover.

Une relation non-monotone : Plusieurs études empiriques constatent que le lien entre la concentration et l'innovation est faible, voire inexistant lorsque les effets sectoriels sont pris en considération (Levin et al. 1985, Scott 1984, Geroski 1990). Cabagnols & Le Bas (2002) indique que les entreprises des industries fortement concentrées innoveront plus en procédé. Lunn (1986) et Scherer (1983) montrent qu'une plus forte concentration est uniquement positivement corrélée avec les innovations de procédé et non avec les innovations de produit.

Aghion & Griffith (2005) arrivent à la conclusion que la relation entre concurrence et innovation est non-monotone et qu'elle est de type U inversée : pour des niveaux faibles de concurrence la relation est croissante, tandis qu'elle devient décroissante après un degré plus élevé de concurrence (et de niveau technologique). De manière plus précise, leur résultats indiquent que dans les secteurs où les firmes ont des niveaux technologiques similaires, une concurrence plus forte conduit les firmes à dédier des ressources à l'innovation en vue d'échapper à cette concurrence, car une concurrence plus forte réduit plus fortement les profits avant innovation qu'après innovation. La position relative des firmes par rapport à la frontière technologique conditionne aussi leur réaction en termes d'innovation face à une concurrence plus intense.

En effet, l'intensité de la concurrence sur le marché des produits favorise d'autant plus le progrès technique que les entreprises en retard parviennent à accéder à la frontière technologique des connaissances avant de réaliser leurs propres innovations, donnant lieu à des *innovations de dépassement* de cette frontière. Inversement, une entreprise en retard qui ne parvient à innover qu'à partir de sa propre base technologique ne parvient au mieux qu'à une *innovation de rattrapage* de cette frontière et dans ce cas, la concurrence peut avoir un effet négatif sur l'incitation à innover. Lorsque la concurrence est faible

mais en augmentation, l'innovation s'intensifie par l'effet de fuite devant la concurrence. Mais, lorsqu'elle devient trop forte, elle tue la rente du monopole et limite les innovations (Aghion et al. 2005).

Observation 11 *La relation entre la concurrence et l'innovation n'est pas monotone, ni indépendante des particularités des secteurs et du développement de leurs technologies.*

La relation entre la concurrence et l'innovation est par conséquent bien plus complexe que celle qui apparaît dans les modèles statiques ou partiels. Dans le contexte plus riche de l'archipel, la dynamique de la demande devient plus riche et nécessite une adaptation continue de la part des firmes.

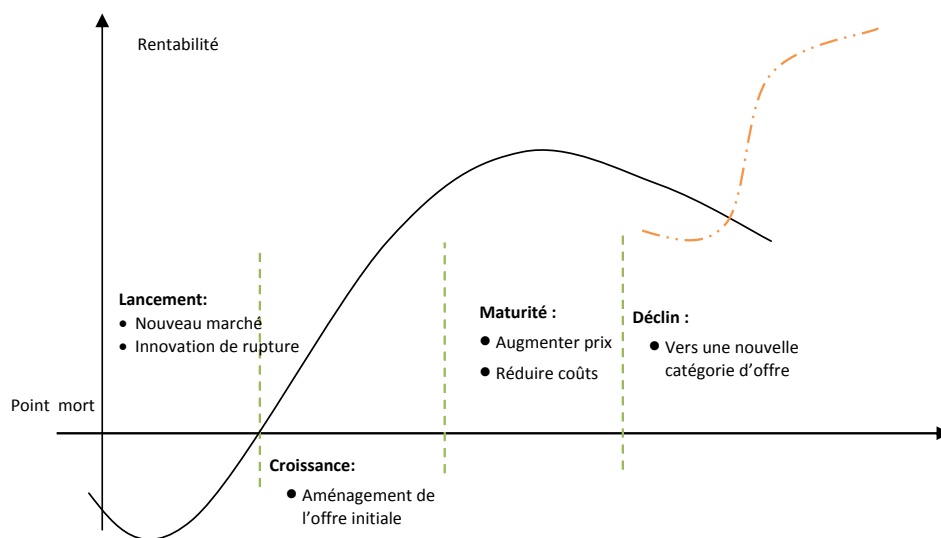


FIGURE 2 – Le cycle de vie d'un marché, la courbe en S (*source : les auteurs partir de, Vernon 1966*)

3.3.2 Adaptation à l'évolution du marché

Le choix de mettre en place un nouveau produit peut être induit par l'évolution de la demande, du fait d'un changement dans le pouvoir d'achat des consommateurs ou de leurs préférences. Alors que la mise en place d'un nouveau procédé ou d'une nouvelle organisation peut être le résultat de la pression concurrentielle. Ces efforts consacrés à l'innovation doivent être cohérents avec le stade d'évolution du marché dans lequel opère l'entreprise (Moore 2006). En effet, l'innovation ne concerne pas uniquement l'ouverture de nouveaux marchés, mais elle peut aussi offrir des méthodes permettant de satisfaire les besoins des marchés déjà existants et parvenus à maturité. Le raccourcissement du cycle de vie des produits dans les économies capitalistes modernes, la pression constante

sur les coûts et l'incertitude croissante sur l'évolution du marché poussent les entreprises à adapter leurs stratégies d'innovation au degré d'évolution de leurs marchés. Figure 2 représente la relation qu'on peut établir, en suivant Vernon (1966), entre le stade de développement du marché et les motivations à innover des firmes. Le Tableau 1 résume et précise ces éléments.

	Démarrage	Croissance	Maturité	Déclin
Motivations	Satisfaction des besoins des utilisateurs, se différencier des concurrents sur le marché initial	Conquérir de nouveaux clients : Améliorations du coût et de la qualité, réduction des prix	Améliorer la façon de commercialiser et réduire le coût des produits standardisés	Transition vers une nouvelle catégorie d'offre, protection
Cibles	Nouveau marché, Niches	Marché de masse	Marché en saturation	Marché de remplacement
Type d'innovation	Innovation de rupture, innovation de produit	Innovation incrémentale sur le produit, innovation de rupture sur le procédé	Innovation incrémentale sur le procédé, modifications cosmétiques sur le produit	Innovation de rupture

TABLE 1 – Cycle de vie du marché

Observation 12 *La nature des innovations poursuivies par les firmes dépend du degré de maturité de leur marché, les innovations radicales apparaissant surtout au début (la création du marché) et à la fin du processus (son remplacement).*

La présence des concurrents n'est pas uniquement une source de pression sélective sur le marché, ces firmes peuvent aussi être une source de connaissances nouvelles pour chaque firme, et favoriser leur progrès technique.

3.3.3 Diffusion des connaissances entre les firmes

La conception qui domine dans la littérature sur les connaissances technologiques remonte à l'article fondateur d'Arrow (1962), dans lequel la connaissance est assimilée à une *information* qui est utilisable, par les entreprises réceptrices, sans coût ou, du moins, avec un coût négligeable par rapport à celui de sa production. Cette particularité des connaissances réduit les rendements privés de l'innovation par rapport à ses rendements sociaux. Ces externalités constituent donc une entrave au bon fonctionnement de l'économie qui serait en situation sous optimale car l'incitation à la R&D serait insuffisante.

Si les connaissances techniques sont aussi "fluides" dans ce cas il est facile d'imaginer qu'elles se diffusent assez facilement d'une firme à l'autre, de manière à permettre à chacune de bénéficier des recherches effectuées par les autres. Beaucoup de travaux empiriques se sont consacrés à l'évaluation de cette fluidité par le biais du concept de *spillovers*. Au de-là de ces effets de bords de la R&D, une activité de recherche spécifique, orientée à l'imitation des concurrents plus avancés permet aussi à la firme de rattraper son retard sans avoir à payer la totalité du coût de la R&D. Les firmes qui cherchent

à bénéficier de ces possibilités développent des stratégies pour améliorer leur capacité à mettre en oeuvre les connaissances développées par leurs concurrents et la protection des connaissances qu'elles développent elles-mêmes.

Mais cette vision fluide des connaissances ne traduit pas toutes les dimensions de l'apprentissage des firmes. Cet apprentissage doit se cristalliser dans des compétences qui peuvent effectivement être mises en oeuvre sur le marché. La notion de compétence provient de la constatation empirique des différences persistantes dans les caractéristiques, les comportements et les performances des firmes. Par essence, la compétence est une mesure des capacités de l'entreprise à résoudre les problèmes techniques et organisationnels (Teece 1988). Trois principales dimensions permettent de caractériser la construction des compétences par l'entreprise. La construction et la gestion des compétences internes (Dosi et al. 1990, Nelson & Winter 1982) ; la capacité d'absorption des compétences d'autrui comme instrument de développement de ses propres compétences (Cohen & Levinthal 1989) ; le développement des compétences internes par le biais de collaborations externes (Combe 1998). Sans compétences internes, la firme aura des difficultés à survivre sur le marché et bénéficier des connaissances provenant des autres firmes. Ses concurrents, de leur côté, vont essayer de protéger du mieux possible les innovations qu'ils développent.

Conditions d'appropriation : L'outil de protection des innovations sur lequel s'est focalisé les travaux économiques, ces trente dernières années, concerne bien sûr les institutions qui étendent les droits de propriété à la création des connaissances, en particulier, les brevets (voir le paragraphe suivant).

Les conditions d'appropriation dépendent aussi de la nature de l'industrie car elle conditionne les caractéristiques des produits et des technologies (Cohen 1995). Sous l'impulsion des travaux de Nelson & Winter (1982) et de Dosi (1988), une nouvelle conception des externalités de connaissances s'est progressivement imposée en mettant davantage l'accent sur les difficultés d'appropriation des connaissances (remise en cause de la conception d'Arrow). Les entreprises tentent, d'une part, de s'approprier le plus possible les connaissances qu'elles produisent et, d'autre part, de capter les connaissances produites à l'extérieur. Mais, l'accès aux connaissances externes n'est pas gratuit, il suppose la construction d'une capacité d'absorption et l'établissement des relations avec les sources externes productrices de connaissances. Pour capter les externalités technologiques, il est nécessaire de disposer de savoirs et de compétences internes adéquats (Dosi 1988, Cohen & Levinthal 1989, 1990). Plus la technologie est complexe (combinant un grand nombre de composantes et donc de compétences), plus vite est sa vitesse d'évolution, plus important sera le besoin de maintenir des compétences internes.

Observation 13 *Pour capter les externalités technologiques, l'entreprise doit disposer de savoirs et de compétences internes adéquats.*

Capacité d'absorption : La notion de la *Capacité d'Absorption*, introduite par Cohen & Levinthal (1989) (voir aussi, Kamien & Zang 2000), souligne l'importance du

stock de connaissance *a priori* pour absorber effectivement la connaissance externe. La capacité d'absorption correspond aux "capacités de l'entreprise à identifier, assimiler, et exploiter la connaissance de l'environnement" (Cohen & Levinthal 1989, page 569). La concentration sur une seule activité, que ce soit sa propre R&D interne ou l'acquisition de la technologie externe, conduit souvent à une probabilité de succès plus faible, soulignant une complémentarité entre ces deux types d'activité. Les investissements en R&D assument donc un double rôle dans ce cas. Premièrement, la création et développement des compétences de l'entreprise pour introduire des innovations et, deuxièmement, l'amélioration des capacités d'absorption et d'apprentissage des entreprises afin d'exploiter au mieux les résultats des recherches réalisées par d'autres organismes.

Observation 14 *Les activités de R&D jouent un double rôle : créer des innovations, mais aussi améliorer la capacité de la firme à bénéficier des connaissances créées dans l'économie (sa capacité d'absorption).*

La diffusion effective des connaissances, via une transmission diffuse ou grâce à une activité volontaire pour imiter les concurrents, va dépendre de ces deux dimensions que nous venons de discuter.

Spillovers imitation : L'activité de R&D de la firme a parfois des retombées externes en termes de connaissance technologique (retombées ou *spillovers*). Griliches (1979) distingue deux catégories pour ce type d'externalités : les spillovers de rente et les spillovers de connaissance proprement dits. La première catégorie apparaît quand d'autres firmes peuvent acheter des inputs en payant un prix qui ne reflète pas complètement l'amélioration de qualité apportée par la recherche du fournisseur, empêchant ainsi l'innovateur de s'approprier complètement les bénéfices de ses activités de recherche. Les gains de productivité sont transmis dans ce cas vers l'utilisateur de l'input, sans que l'innovateur soit récompensé pour eux. Cette externalité résulte en général d'un problème d'établissement d'un prix non-monopolistique pour le produit, la faiblesse de ce prix découlant des pressions concurrentielles pesant sur l'entreprise innovante.

La seconde catégorie de retombées (spillover de connaissance) correspond aux bénéfices potentiels, pour une entreprise, des activités de recherche d'autres firmes, et ce, grâce à la diffusion et des connaissances entre les firmes et même, d'un secteur à l'autre. Ces spillovers ne surviennent pas nécessairement lors de transactions économiques. Les principaux canaux de transmission possibles sont en fait : les collaborations en R&D, la mobilité du personnel de R&D entre les firmes, les réunions technologiques, le faible degré d'appropriation suite à une protection limitée par les brevets et la difficulté de garder secrètes les innovations.

Les effets des spillovers dépendent souvent de la *proximité* ou la *distance technologique* entre les entreprises, les secteurs ou les régions. Par exemple, les firmes opérant dans des domaines de recherches similaires auront des structures de compétences comparables ou appartenant au même espace technologique. Geroski (1995) mentionne que les spillovers de connaissance sont en fait des externalités qui 'circulent' entre les producteurs et/ou

utilisateur d'innovation 'adjacents'. Pour mesurer leurs tailles nous avons besoin de déterminer quels producteurs ou utilisateurs sont adjacents chacun à l'autre. On peut alors différencier les spillovers selon l'industrie dont sont originaires les firmes étudiées ou selon leur pays d'origine, puisque le même type de distinction peut être faite entre la nature nationale et internationale de ces spillovers.

Le canal le plus immédiat via lequel les spillovers peuvent se manifester est leur impact sur le coût de l'innovation pour la firme. Si l'appropriabilité de la connaissance est imparfaite et si plusieurs firmes effectuent des activités technologiques similaires, alors les coûts d'innovation de chacune pourront se réduire du fait de la diffusion des nouvelles connaissances entre elles. En particulier, on peut même observer du coup que les spillovers technologiques et *l'activité interne* de R&D de la firme soient complémentaires, auquel cas l'accroissement des spillovers mène la firme à intensifier son effort de R&D. Cette intensification de l'effort de recherche devrait alors se refléter dans le nombre d'innovations ou de brevets déposés par la firme. En tenant compte du retard dans la diffusion des connaissances, les effets de spillovers sont en général non contemporains.

Plusieurs approches de formalisation des spillovers sont proposées dans la littérature (Griliches 1992, 1979, Mohnen & Lepine 1991). Ces approches se basent sur la construction d'une variable représentant la somme des capitaux de R&D ou des stocks de R&D des autres firmes du même secteur d'activité. Mohnen (1997), Mohnen & Lepine (1991) distinguent entre plusieurs approches qui peuvent être classées en deux catégories selon que la somme des stocks de R&D est pondérée ou non. Le premier type de formalisation des externalités est le plus simple à calculer et il est aussi le plus utilisé. Il consiste à attacher la même pondération à tous les stocks de R&D. Dans la seconde catégorie, le coefficient de pondération dépend du lien ou de la proximité technologique entre l'émetteur et le receveur des spillovers. Par exemple, Jaffé (1986, 1989), caractérise la position de chaque firme dans un espace technologique par la distribution de ses brevets dans les classes technologiques. La proximité technologique entre les sociétés est alors caractérisée par leur position relative dans cet espace de brevets. Jaffé observe un effet significativement positif des externalités technologiques sur l'intensité de R&D et la productivité de la firme. il tient compte d'autres variables, tel que l'opportunité technologique et les forces du marché, pour éviter le biais de mesure des externalités.

L'importance de ces transferts dépend aussi de la nature de la technologie, notamment de son degré de complexité, de la mesure dans laquelle elle nécessite l'imbrication forte de composantes et de compétences variées. En effet, dans le cas d'une complexité forte, les firmes doivent être proches dans un espace multi-dimensionnel en vue de pleinement profiter de ces transferts.

Observation 15 *La capacité de la firme à bénéficier des rentes et des connaissances créées par d'autres firmes dépend de sa proximité avec elles dans l'espace géographique, technologique et/ou sectoriels.*

Mais les firmes déploient aussi des ressources pour bénéficier d'une diffusion plus directe des technologies, par le biais de l'imitation des procédés et des produits des concurrents.

R&D d'imitation : Étant donné que la firme qui développe la première une innovation radicale doit déployer des ressources très conséquentes, il est tentant pour les autres d'adopter une stratégie de suiveur et développer leur capacité d'absorption et d'imitation. Quand il est très important, ce coût du premier développement d'une innovation peut même donner lieu à "la malédiction du gagnant" (*the winner's curse*) qui correspond au fait que l'industrie est en fin de compte dominée non pas par son initiateur mais par l'un de ses suiveurs.

L'imitation joue aussi un rôle important dans le rattrapage au sein d'une industrie, ce qui peut alors éviter une concentration forte. En l'absence de rattrapage, les leaders ont la possibilité de dominer très fortement en termes de parts de marché, sauf dans le cas d'industries segmentées où des technologies de degrés de développement différentes peuvent être utilisées pour servir les différents segments.

L'imitation ne peut permettre à l'industrie de pousser sa frontière technologique (puisqu'il s'agit de la duplication plus ou moins réussie d'un produit ou d'une technologie existant), mais le rattrapage peut augmenter le nombre des firmes qui innovent à partir de cette frontière.

Du fait de ces avantages que nous venons de rapidement discuter, l'imitation est loin d'être rare et elle participe à l'orientation du développement technologique. Mais elle motive aussi les efforts des firmes pour garder secrètes leurs innovations.

Observation 16 *L'imitation des concurrents est une source importante de progrès technique pour la firme, même si cette imitation ne peut faire avancer la frontière technologique de l'industrie.*

La diffusion des connaissances peut aussi avoir lieu car les firmes trouvent des arrangements relationnelles et contractuelles pour en bénéficier.

Coopération, partage et transferts volontaires de connaissances : Le succès de l'innovation dépend du développement et de l'intégration de nouvelles connaissances dans le processus d'innovation. Pour accéder à des sources de connaissances externes, l'entreprise doit s'engager dans des transactions de connaissances sur le marché de la technologie et coopérer dans la R&D avec d'autres firmes ou organismes de recherches. La coopération en R&D peut constituer un moyen de réduire le déficit d'incitation, en permettant d'internaliser les externalités qui correspondent aux spillovers (D'Aspremont & Jacquemin 1988, 1990). Cette approche considère la connaissance comme une information accessible par tous les acteurs et l'appropriabilité des connaissances comme exogène. Cependant, la coopération ne permet qu'une internalisation partielle des connaissances et, il existe des conditions, telles que les activités de recherche interne, la capacité d'absorption et la dimension sectorielle, pour qu'une entreprise puisse capter les externalités (voir ci-dessus).

Plusieurs travaux de recherches ont étudié le choix entre les sources internes et externes de connaissances comme substituts (Williamson 1985, Pisano 1990). Mais, bien que la disponibilité d'une technologie externe peut se substituer à l'investissement propre

en recherche des firmes réceptrices, il y a des arguments qui soulignent la complémentarité entre la R&D interne et les connaissances externes (Cockburn & Henderson 1998, Arora & Gambardella 1994, Granstrand et al. 1992). En particulier, Cockburn & Henderson (1998) soulignent le rôle de la coopération et des interactions dans la diffusion des externalités. En étudiant la diffusion des externalités entre la recherche publique et la recherche privée, ces auteurs montrent que les firmes doivent développer des coopérations avec les laboratoires publics, en plus des sources traditionnelles d'externalités, pour capter les retombées de leurs recherches. Ainsi, même si la capacité d'absorption est nécessaire pour identifier et assimiler les connaissances externes, elle ne constitue pas une condition suffisante. Les activités de R&D internes permettent à l'entreprise d'améliorer le repérage des opportunités dans l'environnement.

Observation 17 *La capacité d'absorption de la firme doit être complétée par des accords de coopération explicites, notamment en ce qui concerne la recherche publique (partenariats public-privé).*

Freeman (1991, 1994b), en examinant les facteurs de succès de l'innovation, observe que les sources externes de l'expertise technique, combinées avec les R&D de base internes, sont importantes dans l'explication du succès de l'innovation. Ceci suggère une complémentarité entre la R&D interne et l'acquisition des connaissances externes. Rosenberg (1990) identifie la capacité d'absorption de l'entreprise par l'orientation de sa recherche fondamentale, car ce dernier est souvent indispensable pour contrôler et évaluer la recherche externe. Blonigen & Taylor (1997) trouvent une relation inverse entre l'intensité de R&D et l'activité d'acquisition dans les industries high-tech suggérant aux entreprises le choix entre opter pour une stratégie 'buy' ou stratégie 'make' d'innovation. Veugelers & Cassiman (1999) montrent que le choix des activités d'innovation dépend fortement des opportunités d'appropriation : en examinant la relation entre la stratégie d'innovation et les caractéristiques de l'industrie, ils constatent que les risques et les coûts perçus élevés et le degré faible d'appropriabilité ne découragent pas nécessairement l'innovation, mais déterminent plutôt comment la stratégie d'achat d'innovation est choisie. En ce qui concerne les déterminants de la décision de l'entreprise innovatrice pour produire la technologie elle-même ou accéder à la technologie en externe, ils constatent que la force du régime d'appropriation et la résistance de l'organisation interne au changement affectent négativement la décision d'accès à la source externe. Veugelers (1997) trouve la relation inverse : le sourcing externe stimule les dépenses en R&D interne, du moins pour les entreprises ayant un département de R&D. Ce résultat renforce aussi l'hypothèse de complémentarité entre les sources de connaissances internes et externes.

La dernière dimension sociale de l'innovation que nous discuterons dans cette section concerne la manière dont les activités des firmes peuvent se coordonner en s'alignant et comment cet alignement peut conduire une dynamique technologique et industrielle dépendant au sentier.

3.3.4 Coordination et irréversibilité dans le développement des technologies

La nature cumulative des connaissances sur lesquelles se basent les innovations, contraint et structure le développement technologique. Dans la naissance d'une nouvelle industrie, par exemple, les innovations explorent les différentes définitions possibles du nouveau produit. Mais, une fois qu'une masse suffisante d'innovations se focalisent sur une direction particulière, cela oriente les recherches de toutes les firmes dans l'industrie : les améliorations à chercher à chaque moment du développement et les difficultés à résoudre s'imposent à toutes les firmes, comme un paradigme scientifique s'impose à tous les chercheurs du domaine concerné. A l'intérieur du paradigme, une gamme plus ou moins large de technologies est explorée jusqu'à l'épuisement du paradigme actuel et l'émergence d'un nouveau. Ce processus dynamique co-évolue en fait avec le développement de l'industrie elle-même, son cycle de vie. Cette dynamique joue par conséquent un rôle important dans l'orientation des innovations.

Paradigme technologique et dominant-design : L'innovation est une solution d'un ou plusieurs problèmes scientifiques ou technologiques qui sont posés pour répondre à des exigences relatives aux conditions de coût ou de marché. Elle requiert l'utilisation de connaissances et de capacités spécifiques pour le développement et la mise au point de modèles et procédures spécifiques qui forment le paradigme technologique défini comme un modèle de solutions (patterns) à des problèmes *techno-économiques* sélectionnés (Dosi 1982, 1984, 1988). Cette notion est voisine de celle de '*guide-post*' technologique définie à partir de l'idée d'une approche commune de problèmes *techno-productifs* déterminés (Sahal 1985).

Dosi (1982) fait référence à l'émergence d'un nouveau paradigme technologique en tant qu'une approche qui définit conceptuellement :

1. des problèmes à affronter et des exigences à satisfaire,
2. des principes scientifiques auxquels il faut recourir, et
3. des technologies spécifiques à mobiliser.

La réalisation d'un tel processus dépend des conditions économiques et de l'environnement, consistant principalement aux dimensions technologiques particulières du paradigme. En effet, les facteurs économiques, expression du contexte spécifique dans lequel se déroule le processus de développement de la technologie, orientent dès le début le tracé de la trajectoire suivie : l'appréhension initiale de la demande (effective et/ou potentielle) et des coûts des différentes matières premières oriente nécessairement les directions dans lesquelles les firmes cherchent à résoudre les problèmes rencontrés et donc à innover. La trajectoire technologique est donc à la fois la réalisation des promesses contenues dans le nouveau paradigme, et l'exploitation effective du rendement potentiel de celui-ci (Dosi 1982).

Observation 18 *La direction des efforts d'innovation de la firme dépend fortement du contexte social et technologique de cet effort, dans la mesure où le paradigme technolo-*

gique en vigueur dans l'industrie définit, à chaque étape, les innovations qui apparaissent possibles et économiquement intéressantes.

Par sa nature même, le paradigme technologique se différencie suivant les secteurs ou les domaines d'activités (Dosi 1988) ; les trajectoires technologiques sont le produit de l'interaction entre les variables économiques et les variables technologiques. Les principes de *rationalité limitée* et de *comportement adaptatif* des agents mettent au premier plan la coévolution des structures industrielles et des technologiques, en procédant d'une vision dynamique, progressive, micro-économique et endogène du changement technique.

Une autre manière de considérer cette co-évolution est de mettre en parallèle le développement technologique avec celui de l'industrie concernée. Le concept de cycle de vie des industries explore cette voie. En d'autres termes, c'est le processus concret de développement de la technologie. Avec le temps, les recherches des firmes vont finir par se focaliser sur un ensemble stable de caractéristiques et une conception dominante (*dominant design*) de la technologie va être partagée par l'industrie jusqu'à ce qu'elle devienne insuffisamment prometteuse (Abernathy & Utterback 1978).

Cycle de vie de l'industrie : Le processus de maturation de la technologie provoque l'évolution naturelle de l'ensemble des techniques dont disposent les firmes pour innover : les différentes méthodes et aptitudes organisationnelles, la capacité d'apprentissage et de savoir-faire, servant à produire un bien donné. La plupart des technologies sont spécifiques, complexes, et leur développement est souvent tacite et complexe (Pavitt 1987). Leurs caractéristiques propres leur permettent de jouer un rôle important dans le jeu concurrentiel au sein d'une industrie. L'évolution technologique nécessite le passage du stade de *technologie embryonnaire*, maîtrisé par un petit nombre de jeunes entreprises, à celui de *technologie émergente*, qui détermine le potentiel de production et de l'innovation. Ce stade doit être suivi par celui de *technologie clé*, qui nécessite des compétences distinctes susceptibles de modifier la position concurrentielle sur le marché. Enfin, le dernier stade correspond à une technologie aisément appropriable : la *technologie de base* qui est maintenant maîtrisée, et largement adoptée, par la plupart des concurrents. Elle ne conditionne donc plus les positions concurrentielles (Lachmann 1993).

Observation 19 *L'orientation des efforts de recherche des firmes est aussi définie par le stade de développement de l'industrie.*

Quant au développement industriel, on observe une dynamique qui correspond à la transition d'un stade technologique à l'autre en fonction des entrées et des sorties sur le marché. Ces entrées et sorties déterminent alors la structure de l'industrie, en accord avec le principe de *destruction créatrice* de Schumpeter.

Nous sommes arrivés à ce stade à une vision assez riche des motivations et des déterminants de l'innovation. Avant d'aller plus loin et d'introduire le rôle des pouvoirs publics et de la concurrence internationale, nous allons discuter deux typologies synthétiques qui ont été proposées dans la littérature pour organiser les déterminants que nous avons considérés jusqu'à ce point. Ces typologies vont respectivement mettre l'accent sur les dimensions technologiques et sectorielles des innovations.

3.3.5 Une typologie synthétique : Diversité des systèmes sectoriels et des régimes technologiques

La caractérisation de la diversité des secteurs et de ses déterminants apparaît assez tôt comme une des questions centrales de l'analyse évolutionniste de l'innovation. Cette question est formellement abordée dans Winter (1984). Parallèlement, une analyse empirique très détaillée est effectuée au sein de SPRU à Sussex. Les résultats de ce travail extensif sont présentés dans Pavitt (1984). A partir d'une base de données couvrant à peu près 2000 des innovations les plus significatives depuis 1945 en Grande Bretagne, ce travail cherche à souligner les caractéristiques sectorielles du changement technique et fournit une première taxonomie des secteurs de ce point de vue : les secteurs dominés par les offreurs de technologies (l'agriculture) ; les secteurs dominés par une production intensive qui conduit à un progrès technique basé sur la division de travail et la substitution du capital au travail (la manufacture de produits standardisés) ; les secteurs dominés par la science où le progrès technique résulte de la transposition des avancées de la science (la chimie).

Malerba & Orsenigo (1993) proposent d'affiner cette approche en abordant la diversité des régularités des secteurs en favorisant quatre de leurs dimensions : les opportunités technologiques qui déterminent le potentiel d'innovation et les résultats de l'activité de R&D des firmes ; les conditions d'appropriabilité des innovations qui conditionnent la possibilité de protéger les résultats de l'activité de R&D ; le caractère cumulatif ou non du processus d'innovation qui conditionne les dépendances temporelles dans les innovations réalisées, au niveau des firmes, mais aussi au niveau du secteur ; la base des connaissances des activités de R&D, selon la nature des connaissances et leurs modes de transmission. Ces quatre dimensions caractérisent conjointement le régime technologique en vigueur dans le secteur (ce concept a été introduit par Nelson et Winter). Malerba & Orsenigo (1996) cherchent à caractériser *les régimes technologiques* en vigueur dans les industries européens, à partir de la base de données de l'Office Européen des Brevets (de 1978 à 1991 et pour 6 pays européens). Ils établissent que les secteurs peuvent être classés entre deux régimes. Le premier régime est caractérisé par une concentration faible, une situation relativement équilibrée entre les différentes firmes et des entrants très actifs en termes d'innovation. Le second régime correspond à la situation inverse, avec des firmes dominantes, une hiérarchie stable entre les firmes du secteur et une faible activité des entrants. Les auteurs montrent par la suite que le premier régime caractérise plutôt des secteurs traditionnels, tandis que le second correspond aux secteurs de hautes technologies. Comme le fait apparaître le titre de cet article, la nature du régime dépend alors de la technologie utilisée par le secteur. Un traitement statistique plus approfondi de cette approche, appliqué aux industries néerlandaises pourra être consulté dans Marsili & Verspagen (2002).

Malerba (2002a,b) complète conceptuellement cette approche pour déboucher à ce qu'il appelle *Systèmes sectoriels d'innovation et de production*, qu'il définit de la manière suivante : «Un Système sectoriel d'innovation et de production correspond à un ensemble de produits établis et neufs, dédiés à une utilisation spécifique, et un ensemble d'acteurs impliqués dans des interactions via le marché et hors du marché, en vue de produire

et vendre ces produits. Les systèmes sectoriels possèdent une base de connaissance, des technologies, des facteurs de production et une demande. » (p. 248) La dynamique du système sectoriel provient alors de la coévolution de ses différentes composantes. L'approche par les régularités sectorielles permet d'aborder des phénomènes qui n'apparaissent pas nécessairement comme des régularités régionales (approche par les systèmes régionaux ou locaux d'innovation – cf. Cooke et al. (1997)), ni comme des régularités nationales (approches par les systèmes nationaux d'innovation – cf. Nelson (1993) et *infra*) du fait qu'elles peuvent se situer à l'articulation de ces deux niveaux.

Nous allons maintenant nous intéresser aux mécanismes économiques qui ne peuvent apparaître que dans un contexte où une unité politique peut constituer la base nécessaire à l'émergence d'institutions complémentaires à l'innovation.

3.4 Émergence d'un Etat-Nation sur l'archipel

Avec le développement de l'économie de l'archipel, les besoins de coordination des activités économiques deviennent plus importants et la Société peut se doter de structures de régulation collective pour mieux orienter les activités des firmes dans un sens plus conforme avec ses attentes. Supposons qu'au fil de temps, les îles s'unissent et un nouveau contexte d'économie nationale s'instaure. Un ensemble de structures politiques et institutionnelles émergent dans ce contexte. Il s'agit bien sûr ici d'une approximation très imprécise de la réalité historique, approximation uniquement motivée par l'approche pédagogique que nous avons retenue dans ce travail. Nous n'avons pas l'ambition de proposer dans le cadre de ce travail une théorie de l'émergence des institutions. Il est clair que nous ne soutenons pas ici que les structures institutionnelles n'ont émergé qu'avec la Révolution industrielle. *Statute of Monopolies* anglais date, par exemple, de 1623.

La mise en place des structures sociales/politiques et des institutions pourra apporter de nouvelles incitations à innover pour les firmes. Le développement industriel s'est accompagné, dans tous les pays concernés, de l'émergence des politiques industrielles et, plus récemment, technologiques. Ces politiques visent surtout un rôle facilitateur, en réduisant les obstacles que peuvent rencontrer les firmes dans leur efforts d'innovation. Mais elles peuvent aussi instaurer des incitations spécifiques dans les domaines où les motivations que nous avons discutées jusqu'à ce point ne sont pas suffisamment fortes, malgré un besoin collectif d'innovation. En tant que facilitateur, une des dimensions importantes des institutions est la résolution du problème d'appropriabilité que nous venons d'évoquer.

3.4.1 Droits de propriété intellectuelle

Un des éléments importants qui ont émergé dans notre discussion sur le rôle de la concurrence concernait l'importance des profits après innovation. Nous avons souligné la nécessité, pour l'innovateur, de pouvoir s'approprier ces profits pour essayer d'échapper à la concurrence par l'innovation. Dans un univers où les connaissances nouvelles peuvent

être imitées immédiatement et sans coût majeur, la firme aurait peu de possibilité d'augmenter ses profits en innovant. L'outil majeur que les producteurs ont développé depuis très longtemps est le secret qui essaie de limiter cette diffusion et d'assurer une exclusivité, et donc une position de monopole, grâce à l'innovation, de manière à défendre les profits après innovation. Le secret est loin de fournir une protection sûre et, au niveau social, il a un autre défaut : la limitation de la diffusion des connaissances dans la Société. L'extension des droits de propriété à celle des connaissances cherche à résoudre ce double problème. L'outil principal qui a émergé dans l'histoire est le système de brevet qui assure à l'innovateur l'exclusivité sur son invention pour une période de temps donnée (par exemple, de 20 ans dans *Statutes of Monopolies*), de manière à renforcer son incitation à innover et permet au reste de la Société d'accéder aux nouvelles connaissances par la publication des brevets. Douglas North souligne le parallèle qui existe entre l'accélération de l'industrialisation en Occident (plus particulièrement en Grande Bretagne) et celui des droits de propriété intellectuelle. Bessen & Meurer (2008) relativise considérablement ce rôle prépondérante des brevets en soulignant, à partir des travaux d'autres historiens de l'économie, que peu d'inventions majeures de la Révolution Industrielle ont bénéficié de la protection par brevets même si ce système existait en Grande Bretagne depuis 1624. Des travaux théoriques récents (voir par exemple, Vallée & Yildizoglu (2006) et Yildizoglu (2009)) font aussi apparaître qu'il n'est pas facile de démontrer une influence positive d'un système de brevet fort sur le progrès technique, surtout dans un cadre d'analyse dynamique.

Observation 20 *L'effet d'un cadre institutionnel fort pour les droits de propriété intellectuelle (notamment, du système des brevets) sur le progrès technique est complexe et ambigu.*

3.4.2 Subventions et incitations directes en vue d'orienter les innovations

Une autre dimension importante des politiques publiques envers l'innovation est la possibilité de se substituer aux incitations d'ordre privée (la demande des consommateurs et l'incertitude liée aux difficultés techniques), de manière à en compenser la faiblesse dans certains domaines spécifiques.

Le problème de la détermination de la longitude de la position des bateaux pendant la navigation a été résolu par John Harrison en 1730-35 grâce à un couple d'horloge de précision qu'il a développé en vue de gagner le "Prix de la longitude" de 20000£ offert par le parlement britannique en 1714 (Source : *The National Maritime Museum*⁴). Ce problème, techniquement difficile à l'époque, était bien sûr un obstacle important pour l'établissement des voies de navigation fiables pour les voyages transocéaniques.

Par ailleurs, les programmes de recherche lancés par les organismes publics tel que la NASA aux États-Unis ou les Programmes cadres européens, cherchent à orienter les activités de recherche vers des domaines prioritaires, en offrant des subventions sur projet en vue de faciliter le financement des activités d'innovation dans ces domaines.

4. <http://www.nmm.ac.uk/harrison>.

Ces subventions cherchent à réduire un obstacle important dans les efforts à innover : l'incertitude inhérente aux résultats de l'activité de recherche, à la demande privée potentielle pour ces résultats, même dans le cas favorable où ils sont obtenus, et aux profits après innovation qui en découlent. Dans les domaines où cette incertitude est particulièrement forte, assurer un financement initial sûr vise à faciliter la prise de risque et déclencher l'activité de recherche (Guellec & De La Potterie 1997). L'incertitude technologique et les contraintes de liquidité sont des arguments en faveur de l'intervention publique, auxquels s'ajoute celui du "bien public" réduisant les rendements privés de l'innovation par rapport aux rendements sociaux (Arrow 1962).

Observation 21 *Les financements publics peuvent compenser l'incertitude technologique et les contraintes de liquidité des firmes en vue d'orienter leurs activités de recherche vers des domaines où ces facteurs pèsent fort.*

Les structures institutionnelles telles que le système d'éducation, la formation, l'infrastructure et le cadre réglementaire jouent un rôle important dans la détermination des capacités à innover des entreprises du pays. L'État peut intervenir pour encourager directement l'investissement des firmes en recherche à travers les subventions, les avantages fiscaux et les commandes publiques ou, indirectement, par l'investissement dans le système de recherche publique pour combler le déficit de recherche privée et générer des effets d'externalité positifs.

3.4.3 Partenariats public-privé de recherche

Nous avons vu que la découverte de l'Archipel et de la concurrence par Robinson favorise la diffusion des connaissances entre les firmes générant des effets de spillovers. L'intervention de l'État peut aussi viser à favoriser la circulation des connaissances. Il peut se substituer, pour ce faire, à l'effort privé dans les grands projets d'innovation coûteux, en incitant les firmes à investir dans les activités de recherche connexes. Le financement public y exerce alors un effet de levier sur les ressources privées.

L'adoption de nouveaux mécanismes d'aide à l'innovation et à la diffusion technologique faisant appel à des partenariats de recherche public-privé (en favorisant la coopération entre les différents acteurs du secteur public et firmes privées), permet d'exploiter les complémentarités par l'élargissement de la diffusion des connaissances. Les firmes innoveront sur la base de cette demande publique de la recherche. Le partage des activités d'innovation entre plusieurs firmes, autour de thèmes qui demandent des collaborations dans des situations où les compétences sont dispersées, permet de réduire les coûts et les risques inhérents. Par rapport aux subventions traditionnelles en faveur de l'innovation, les partenariats public-privé favorisent davantage la concurrence dans le choix des firmes participantes. Le secteur privé a souvent un poids important dans la sélection et la gestion des projets (OCDE 1998).

Les autorités publiques jouent un autre rôle important en adoptant des politiques qui permettent de promouvoir, de mettre en valeur et de soutenir des performances innovatrices et économiques. Les politiques de R&D ont été traditionnellement le principal axe

de la politique technologique, considérant l'apprentissage comme accumulation d'informations assimilées à des biens publics (politiques inspirées de l'approche traditionnelle). Ces politiques appelées *science-push* sont marquées par les interventions directes des gouvernements dans la recherche de base, la construction d'infrastructures technologiques et des politiques fiscales d'incitation à la R&D dans les firmes (Mowery 1995). Le rôle des pouvoirs publics vise, dans ce cas, à favoriser l'amélioration de la technologie et de la capacité d'apprentissage des firmes. Mais, ils doivent aussi lutter contre les freins à l'innovation et les comportements de blocage.

Observation 22 *Les pouvoirs publics peuvent aussi orienter les innovations des firmes en intervenant directement comme acteur, en orientant la recherche publique comme base d'activité d'innovation des firmes privées.*

L'effort de recherche de l'État pour approvisionner sa propre demande de technologie (santé, défense, transport,...) peut permettre la construction d'infrastructures technologiques génératrices d'externalités positives pour le processus d'innovation dans le secteur privé.

3.4.4 Subventions par le biais des commandes publiques

L'intervention de l'État ne se réduit pas à pallier aux défaillances du marché. Il est également consommateur de technologies par le biais des commandes publiques pour subventionner la recherche privée d'une manière indirecte. Par exemple, *Boeing*, dont l'activité de défense est considérable, bénéficie ainsi de transferts de technologie gratuits du militaire vers le civil, grâce aux subventions et aides de l'État américain. Les programmes de R&D militaires du Pentagone et de la NASA permettent à ce constructeur de mettre au point de nouvelles technologies et de nouveaux savoir-faire qui lui seront utiles pour le développement d'avions civils. Alors qu'*AirBus*, le constructeur de matériels civils, n'a pu bénéficier des subventions de programmes militaires pour le développement de nouveaux avions. Il a fait appel à des aides remboursables en cas de succès, de la part de certains pays européens.

Observation 23 *Un autre outil dont disposent les pouvoirs publics, pour orienter les recherches des firmes, est l'organisation en grands programmes des commandes publiques. Malgré leur coûts importants, ces programmes visent à avoir un effet structurant fort sur les activités de recherche des firmes.*

Ces subventions sont souvent source de conflits entre pays, dans la concurrence qu'ils se livrent dans l'économie mondiale (voir la section suivante). Par exemple, l'Union Européenne a engagé, en 2004, une plainte devant l'Organe de règlement des différends de l'OMC à propos des subventions américaines accordées à Boeing : des subventions directes sous forme de dépenses en R&D et de contrats avec la NASA et encore des subventions indirectes par le biais de passation de marché dans le domaine de la défense⁵.

5. Dossiers DS317 et DS353 déposée par l'Union Européenne et DS316 par les États-Unis, disponibles sur le site de l'OMC : <http://www.wto.org/indexfr.htm>

Une autre plainte, concernant les contributions financières pour des activités de R&D liées à l'aéronautique, déposée par les États-Unis qui demandent d'établir une commission conformément au Mémorandum d'accord sur les règles et procédures régissant le règlement des différends et à l'Accord sur les subventions et les mesures compensatoires (Accord SMC).

3.4.5 Crédits incitatifs et aides fiscales

Plutôt que des subventions, l'État peut aussi accorder des crédits incitatifs ayant une vocation à soutenir un programme de recherche spécifique dans le cadre d'une politique. Cette incitation favorise l'éclosion de la recherche dans des champs spécifiques. Les crédits incitatifs permettent d'orienter les activités de recherche vers des domaines en émergence ou peu étudiés. Cependant, contrairement au cas du partenariat public-privé, l'État se substitue au marché dans la sélection des technologies. En effet, Ce financement public de la R&D des entreprises est réparti souvent en fonction de la nature des projets d'innovation et des caractéristiques des bénéficiaires de l'aide. Il consiste en des avances sans intérêts remboursables uniquement en cas de succès de la R&D (Cytermann 2004). Des travaux ont montré que les aides publiques non remboursables en cas d'échec ont un effet positif sur les dépenses de recherche des entreprises (Encaoua et al. 2004). Une étude sur 17 pays de l'OCDE, effectuée par (Guellec & De La Potterie 2003), montre qu'en moyenne 1 euro d'aide publique à la R&D accordée aux entreprises génère 0.7 euros d'investissement privé.

L'État peut aussi subventionner indirectement la recherche des firmes en octroyant des aides fiscales à la mesure de leur effort de recherche ou aussi des crédits d'impôt-recherche (*pour plus de détail, voir* OCDE 1998, Guellec & De La Potterie 1997).

3.4.6 Education et capital humain

Un dernier apport que nous pouvons signaler – encore plus indirect, celui-là – est souligné par l'approche en terme du capital humain qui propose de prendre en compte l'ensemble des connaissances et des compétences individuelles acquises à travers l'éducation et la formation (Denison 1962, 1964). La théorie de la croissance endogène a mis en avant l'idée des externalités sociales liées au stock du capital humain qui est un facteur de développement et d'acquisition des innovations (Lucas 1988, Romer 1990).

Le système éducatif d'une économie détermine son stock du capital humain qui agit sur le niveau de développement technologique différemment selon le degré de développement du pays (Aghion et al. 2004). Pour une économie proche de la frontière technologique, l'objectif est de maintenir le niveau économique atteint en favorisant l'enseignement et la recherche pour adopter un comportement d'innovation et de créativité afin de rester compétitive. Les économies moins développées adoptent plutôt un comportement de rattrapage ou d'imitation (Nelson & Phelps 1966).

Observation 24 *Un rôle de moyen/long terme que peuvent jouer les pouvoirs publics réside dans leur capacité à financer la mise en place, au niveau national et régional, des*

infrastructures et emplois nécessaires à une généralisation de l'éducation et au relèvement de son niveau en accord avec les besoins en capital humain des entreprises du pays.

3.4.7 Une typologie synthétique : les systèmes nationaux d'innovation (SNI)

L'approche par les Systèmes Nationaux d'Innovation (SNI), proposée par Lundvall (1985), s'intéresse à l'analyse du rôle joué par le contexte institutionnel dans la création des conditions favorables à l'innovation et la maîtrise de la technologie. Elle met en exergue les interactions entre les firmes publiques, privées, universités et institutions (c.à.d les acteurs de l'innovation) qui facilitent la production de la science et de la technologie au sein des frontières nationales (environnement de ces acteurs). Le concept de SNI est basé sur trois contributions principales : la théorie de l'apprentissage interactif (Lundvall 1992, 1988, 1985) ; la théorie évolutionniste (Dosi et al. 1988, Nelson 1993) ; la théorie institutionnelle (Freeman 1987, 1995, Edquist 1997). Lundvall met l'accent sur le rôle du processus d'apprentissage interactif et du cadre institutionnel dans la création d'un SNI. Les processus interactifs sont encadrés dans les structures économiques et sociales qui déterminent le développement des capacités nationales d'innovation. Le cadre institutionnel établit la manière dont les activités économiques routinières produisent l'apprentissage dans le système. Cette conception place les institutions au premier plan comme déterminants des comportements économiques. La conception évolutionniste s'intéresse aux institutions dont les interactions déterminent les performances innovatives des firmes nationales. Selon Nelson (1993), un SNI est un ensemble d'institutions (et de règles institutionnelles) dont les interactions déterminent les performances des entreprises nationales. L'auteur se limite aux organisations et institutions nécessaires aux activités de recherche qui génèrent directement la production de l'innovation (département de R&D, instituts technologiques, universités, etc.).

Le concept des SNI, introduit aux économies scandinaves à la fin des années 80, indique les moyens, pour les pays, de développer des instruments politiques et de créer des institutions en vue de favoriser l'innovation. Il correspond au système de recherche et développement scientifique et technologique, composé de l'ensemble des institutions et organismes publics et privés qui contribuent aux activités d'innovation dans un pays. Les visions de la dynamique d'un SNI varient remarquablement d'un auteur à un autre. Nelson & Rosenberg (1993) considèrent que les institutions clés du SNI évoluent par elles-mêmes et que la sélection se produit de manière naturelle (d'une façon automatique). Freeman (1987) et Lundvall (1992) soulignent le rôle de l'intervention publique dans la transformation de ces institutions.

Ce débat fait apparaître qu'il n'y a pas de réponse unique concernant le rôle des politiques économiques dans l'innovation, dans la mesure où les politiques d'incitation dépendent du contexte économique, social, institutionnel et scientifique de chaque pays. Ainsi, dans les pays industrialisés, c'est souvent la définition qu'en donne l'OCDE qui est retenue. Elle considère le SNI comme "*un système interactif d'entreprises privées et publiques (grandes ou petites), d'universités et d'organismes gouvernementaux en interaction axés sur la production scientifique et technologique sur un territoire national. L'interaction de ces unités peut être d'ordre technique, commercial, juridique, social et*

financier, du moment que le but de celle-ci soit de développer, de protéger, de financer ou de réglementer de nouvelles activités de science et de technologie" (OCDE 1994, p.3). Ce sont les institutions en rapport avec la science, la technologie et la façon dont sont financés et organisés les universités, les laboratoires publics et privés et les entreprises qui comptent le plus. Il faut veiller à ce que les politiques publiques, qui sont censées stimuler la recherche, soient présentes, et qu'elles accomplissent leur mission. Dans les pays en développement, on s'est souvent attaché à proposer la définition qui met l'accent sur le cadre institutionnel en adoptant la définition de Freeman (1987) selon laquelle le SNI est "*le réseau des institutions, dans les secteurs publics et privés, dont les activités et les interactions initient, importent, modifient et diffusent les nouvelles technologies*". Cette définition permet d'avancer dans la réflexion sur le processus d'apprentissage et la capacité d'innovation d'un pays en développement.

Au delà de ces trois structures conceptuelles, Lundvall (1992) distingue deux conceptions différentes des systèmes d'innovation : une conception étroite qui se limite aux domaines de la science, la recherche, la technologie et, dans certains cas, l'éducation (conception utilisée généralement pour les pays industrialisés) ; une conception large qui s'étend à toutes les structures économiques et institutionnelles qui affectent le système de production (conception peut être adaptée au contexte des pays en développement).

La conception étroite de SNI : se limite aux activités strictement scientifiques et technologiques explicitement liées à l'innovation. Le SNI *étroit* n'inclut ici que les organisations ou institutions nécessaires aux activités de recherche et d'innovation (les laboratoires et instituts technologiques, les départements de R&D, les universités, etc). Cette conception est la plus répandue dans la littérature sur l'architecture institutionnelle et organisationnelle des SNI ou dans les études centrées sur la firme et son environnement national (Nelson 1993, Mowery & Oxley 1995). Les universités, les entreprises et le gouvernement constituent les pôles principaux de la dynamique interactive. Les analyses empiriques des processus d'innovation dans les pays industrialisés, dotés d'une forte base institutionnelle et d'une infrastructure avancée, exposent le caractère *a priori* du concept SNI qui est utilisé afin de décrire la dynamique d'innovation, puisqu'elle est facilement quantifiable (Lundvall et al. 2002). Cependant, le SNI étroit s'avère inadéquat et incomplet pour les pays en développement qui ne se situent pas sur la frontière technologique et dont la capacité d'innovation ne peut être caractérisée par le déplacement de cette frontière. De même, la dynamique d'innovation nationale ne doit pas être mesurée uniquement en termes d'activités formelles liées à la R&D et aux activités scientifiques. Ainsi, des déterminants sectoriels ou territoriaux plus limités (approches en termes de systèmes sectoriels ou régionaux d'innovation) peuvent être privilégiés, mettant en doute l'importance des déterminants nationaux dans la structuration des interactions entre acteurs et, par conséquent, dans le système d'innovation (Amable 2003). Le concept de SNI doit donc être élargi pour être appliqué aux pays en développement.

La conception étendue de SNI : prend en compte les déterminants de l'innovation qui ne sont pas directement scientifiques et technologiques. Cette conception inclut à la

fois les composantes du SNI étroit et toutes les organisations et institutions affectant l'apprentissage et les activités de recherche ou d'exploration (institutions politiques, sociales et économiques, système financier, organisation interne des firmes, etc.). Elle est indispensable à l'analyse du SNI dans les pays de Sud où l'apprentissage représente un élément clé du développement économique (Lundvall et al. 2002). Les analyses des SNI, appliqués au Sud, revêtent plutôt un caractère *a posteriori* a fin de se déplacer plus en amont sur ses conditions d'émergence et de développement. Le SNI dans les pays en développement doit pouvoir se construire et s'améliorer en relation avec le développement économique (Casadella & Benlahcen-tlemcani 2006, Lundvall et al. 2002). Cette approche du SNI étendue considère l'ensemble des institutions et organisations qui concernent directement la science et la technologie, puis, par extension suivant la logique de proximité des domaines, les institutions en amont comme le système d'enseignement et de formation ou en aval l'industrie et, enfin, l'ensemble des activités économiques (Edquist 1997, Lundvall 1992, Freeman 1987).

L'analyse des fonctions des SNI : La définition traditionnelle des SNI reposée sur l'approche systémique, selon les deux conceptions restreinte et étendue, limite l'analyse à l'architecture institutionnelle et aux interactions entre les institutions et les acteurs de l'innovation. L'analyse est insuffisante pour résoudre les problèmes d'ambiguïté du concept et d'imprécision analytique mentionnée dans les études des SNI. Certains travaux insistent sur l'évaluation de son aptitude à remplir certaines fonctions permettant de définir les limites du système (Johnson & Jacobsson 2003, Johnson 2001, Rickne 2001). Cette approche donne un cadre d'analyse commun à tous les systèmes d'innovation et permet de définir la cohérence interne des différentes composantes du système (Amable 2003). Cependant, la définition des fonctions d'un SNI n'est pas encore stabilisée (Hekkert et al. 2007).

TABLE 2 – Les fonctions des systèmes d'innovation

Rickne (2001)	Johnson & Jacobsson (2003)	Johnson (2001)
<ul style="list-style-type: none"> - développer le capital humain - créer et diffuser les opportunités technologiques - créer et diffuser les produits (nouveaux) - incuber (les nouvelles techniques) - gérer (la technologie) - faciliter la réglementation (par l'établissement de standards techniques) - légitimer la technologie et la firme - créer le marché et diffuser la connaissance du marché - diriger la technologie, le marché et la recherche de partenaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - créer des nouvelles connaissances - guider l'orientation du processus de recherche - fournir les ressources (capital, ...) - faciliter la création d'externalités positives - faciliter la formation des marchés 	<ul style="list-style-type: none"> - inciter les firmes à innover - fournir les ressources - guider la recherche, donner la direction - reconnaître le potentiel de croissance - faciliter les échanges d'information et de connaissances - stimuler/créer les marchés - réduire l'incertitude sociale - agir contre les résistances au changement

Regards 2015, "Quelles définitions pour l'innovation et les systèmes nationaux de recherche et d'innovation ?", document Futuris/ANRT, Avril 2003

Particularité de l'analyse des SNI dans les pays du Sud : La majorité des études concernant l'analyse des SNI se sont concentrées sur les pays industrialisés. Son application aux pays en développement est limitée par le fait que les interactions entre ses principales composantes (la recherche scientifique, la R&D industrielle et l'innovation technologique, la structure industrielle et économique, les ressources humaines, la formation et l'enseignement, le système financier) restent marginales dans la plupart de ces pays. Le rôle primordial du système d'innovation dans ces pays consiste essentiellement dans la diffusion, l'absorption et l'adaptation de la technologie provenant des pays industrialisés. Ainsi, la rigidité institutionnelle dans ces pays rend les trois sphères⁶ - industrielle, scientifique et technologique- du système national d'innovation faiblement intégrées les unes aux autres, ce qui constitue une source de blocage du processus d'apprentissage (Mezouaghi 2002). L'isolation des acteurs économiques et le manque d'intégration des centres de recherche avec le système productif apparaît comme une raison principale de la difficulté à construire des capacités technologiques nationales. Dans la mesure où certaines composantes du SNI sont inexistantes ou incomplètes dans les pays en développement, son applicabilité demeure souvent marquée par les difficultés d'intégration de ces pays dans l'économie globale, ainsi que leurs faibles capacités de production et d'assimilation technique. En effet, suivant les caractéristiques des économies étudiées, les travaux évoquant le caractère *a posteriori* du SNI exposent "*les nombreuses rigidités organisationnelles et institutionnelles liées aux trajectoires de développement des systèmes d'innovation, mais aussi l'inadaptation des politiques macro-économiques, les faibles investissements en éducation et R&D, les difficiles intégrations des S.N.I dans l'économie globale ainsi que leurs faibles capacités de production et d'assimilation technique*" (Casadella & Benlahcen-tlemcani 2006). Lundvall et al. (2002) évoquent la notion de construction et de promotion du SNI dans les économies en développement au lieu de la reproduction du SNI inhérent aux pays développés puisque le SNI doit se construire puis s'améliorer en relation avec le développement économique. En effet, les tentatives de reproduction institutionnelle à l'identique, dans les pays en développement, des structures qui prévalent dans les pays industrialisés achoppent souvent sur des contradictions internes (Mezouaghi 2002).

Observation 25 *C'est le concept de SNI étendue qui est le mieux adapté au contexte des pays en développement par l'admission de son caractère a posteriori et sa flexibilité pour couvrir les spécificités de chaque économie et de ses mécanismes d'apprentissage.*

Un exemple de mise en oeuvre : Émergence du SNI dans deux pays en développement : Dans une analyse comparative des inégalités de développement entre les pays de l'Asie de Sud-East et les pays de l'Amérique latine, Freeman (1995, 1994a) met

6. La sphère industrielle (structure sectorielle, organisation du système de production, caractéristiques des firmes) ; la sphère de formation scientifique et technique (éducation et formation, ressources humaines, recherche fondamentale) ; la sphère de R&D (les activités de R&D, les programmes de recherches).

Asie de l'Est	Amérique latine
✓Système éducatif universel en expansion produisant une formation d'ingénieurs développée.	✓Dégradation du système éducatif produisant un nombre relativement faible d'ingénieurs.
✓Importation de technologies combinée avec d'initiatives locales en matière de changement technologique puis croissance rapide du niveau de R&D dans les étapes ultérieures.	✓Plus de transfert de technologie, en provenance pour la plupart des États-Unies, mais avec un faible effort de R&D des firmes locales et peu combiné aux transferts de technologies.
✓La R&D industrielle représente plus de 50% de la R&D totale.	✓La R&D industrielle représente moins de 25% de la R&D totale.
✓Développement d'une importante infrastructure de science et technologie qui devient liée dans les étapes ultérieures à la R&D industrielle.	✓Infrastructure de science et technologie limitée et faiblement liée à l'industrie.
✓Niveau élevé de l'investissement et forte entrée de capitaux et de technologies en provenance du Japon. Forte influence du modèle organisationnel japonais.	✓Déclin des IDE (en particulier des États-Unies) et en general faible niveau d'investissement. faible intégrations aux réseaux technologiques internationaux.
✓Investissement important dans les infrastructures sophistiquées de télécommunication.	✓Développement lent des télécommunications modernes.
✓Croissance élevée et rapide des industries électroniques avec un taux d'exportation élevé et un effet d'entraînement des marchés internationaux.	✓Industries électroniques peu développées avec un taux d'exportation réduit et peu d'effets d'apprentissage par l'exportation.

TABLE 3 – Divergence dans les systèmes nationaux d'innovation en 1980 (Freeman 1995)

l'accent sur l'importance des systèmes nationaux d'innovation malgré l'activité des firmes multinationales. A travers une analyse comparative des faits stylisés, l'auteur fournit une explication des bonnes performances des pays de l'Est Asiatique en termes d'industrialisation et de croissance (Tableau 3). Il souligne que le système éducatif et la formation ont joué un rôle important dans le développement des compétences permettant l'adaptation et l'exploitation des technologies importées. Il observe un contraste fort entre les deux ensembles de pays du point de vue de nombreuses caractéristiques des systèmes nationaux d'innovation. Cette analyse fait apparaître la diversité possible des SNI, notamment en termes de leviers sur lesquels ils appuient (les politiques industrielles, technologiques) et de leurs performances relatives.

3.5 Contact avec les autres États-Nations

La littérature économique a souligné les vertus de la libéralisation. Au niveau macroéconomique, les nouvelles théories de la croissance soulignent le rôle du commerce international dans la diffusion des technologies. Au niveau microéconomique, elles montrent l'importance de la libéralisation commerciale sur le niveau d'efficacité des firmes. Deux effets positifs de la libéralisation sont soulignés : des effets statiques qui proviennent des transferts des ressources des secteurs domestiques vers ceux ouverts aux échanges extérieurs et des effets dynamiques qui se manifestent par la croissance de la productivité

totale des facteurs, induite par l'exposition des firmes à la concurrence étrangère et par l'intensification des importations des technologies en provenance des pays industrialisés (Rodrik 1993). Ceci conduit à un changement dans la composition du tissu industriel dans les pays en développement.

Le modèle de développement économique et d'industrialisation en "vol d'oies sauvages" décrit par (Akamatsu (1961)) et mis en avant pour expliquer la dynamique de l'évolution des spécialisations en Asie de l'Est montre que les pays en voie d'industrialisation se rapprochent du niveau technologique des pays avancés et que les pays retardataires s'alignent l'un après l'autre derrière les pays plus avancés, suivant leur stade de croissance dans un modèle de "vol d'oies sauvages" dont les ailes en formation de vol semblent en superposition pour un observateur au sol. En effet, un pays initie son processus d'industrialisation sur un produit à faible valeur ajouté. Puis, dès qu'il en devient exportateur, il adopte un produit à plus fort contenu en capital et technologie. L'innovation se propage donc des pays leaders vers d'autres suiveurs leur permettant d'entamer leur propres processus d'industrialisation. Par exemple, suite au Japon qui a développé une base propre d'innovations avant même d'accroître sa présence dans l'économie mondiale dans les années cinquante, les nouveaux pays industrialisés de la première génération (Singapour, Corée du Sud, Hong Kong, Taiwan) qui ont ainsi entamé leur industrialisation dans les années 1960 demeurent dépendants des importations de technologies, de produits intermédiaires et de biens d'équipement des pays industrialisés. La deuxième génération des nouveaux pays industrialisés apparaît dans les années 1980 (Thaïlande, Malaisie, Philippines et Indonésie). Ces pays ont des structures caractérisées par le contenu élevé en importations de leurs exportations.

Aujourd'hui, les pays se spécialisent dans les stades du processus de production dans les quels ils ont un avantage comparatif. Certains pays se spécialisent dans les activités d'assemblage de produits finals alors que d'autres plus avancés demeurent des fournisseurs de produits à fort contenu technologique. Cette segmentation peut être un canal important de transmission de la connaissance et de la technologie par la contribution aux différentes fonctions de production. La production de composants (et même les activités d'assemblage) dans différents pays et l'importation de produits intermédiaires peuvent être un moyen d'acquisition de nouvelles technologies pour les pays suiveurs qui seront motivés par la recherche de prendre une place dans le commerce international (Coe & Helpman (1995), Coe et al. (1997), Keller (2002)).

Les nouvelles règles du "*jeu international*", mise en place au sein de l'Organisation Mondiale du Commerce et implémentées dans les pays en développement (et endettés) par les politiques structurelles de la Banque Mondiale et le FMI, ainsi que les pressions technologiques (Aggarwal 1999) poussent fortement les entreprises à faire face aux échanges internationaux. Elles doivent ainsi se confronter à la concurrence étrangère sur certains segments de leur marché, segments sur lesquels elles ne peuvent subsister que si elles innoveront suffisamment pour proposer des produits qui sont attractifs (en termes de prix ou d'adaptation au marché local) pour les consommateurs de ces segments.

Observation 26 *L'ouverture du marché national vers la concurrence étrangère renforce la pression sélective qui s'exerce sur les firmes domestiques et la nécessité d'innover. Cet*

effet est d'autant plus fort que le pays est loin de la frontière technologique mondiale.

L'ouverture, quand elle est réciproque, apporte aussi l'opportunité d'accéder vers de nouveaux marchés et de faire concurrence aux firmes étrangères sur leur marché national. Les pays cherchent alors à développer des barrières non-tarifaires pour réduire ces opportunités. La mise en place de normes de plus en plus restrictives, que cela soit en termes de qualité, de critères environnementaux ou de la nature de la main d'oeuvre, permet aux entreprises des pays industrialisés de protéger leur marché des firmes du Sud. Quand l'objectif n'est pas la protection directe, ces normes permettent aux pays industrialisés de vendre leurs technologies, compatibles avec les normes mises en place, aux entreprises du Sud (transfert de technologie contre parts de marché ou cession de brevet et de licence, etc.).

Dans un contexte international, les pouvoirs publics cherchent aussi à inciter les firmes à innover (par le biais de subventions de R&D, du crédit impôt-recherche, etc.) car cela permet le maintien des avantages comparatifs de la Nation (Spencer & Brander 1983).

Pour les pays qui sont sur la frontière technologique, les entreprises doivent être soutenues par une politique d'innovation pour la recreation permanente des avantages comparatifs du pays. Ces entreprises utilisent les brevets des technologies-clés comme leviers et se concentrent sur le développement des technologies de la prochaine génération. L'UE soutient ainsi plusieurs consortia impliquant les entreprises européennes et la recherche publique, en vue de coordonner les recherches pour les prochaines générations de technologies. Mais la concurrence des pays à bas salaires oblige les entreprises des pays industrialisés à s'engager dans des innovations défensives (Wood 1994).

Quant aux entreprises des pays sous la frontière technologique, elles doivent faire face à la concurrence des technologies et des produits plus avancés, mais ces innovations ne sont pas nécessairement accessibles pour tous les consommateurs, étant donné leur prix en général plus élevés que les produits locaux. Les entreprises locales peuvent dans ce cas chercher à innover pour mieux adapter leurs produits aux besoins du marché local (dont elles possèdent normalement une connaissance plus fine que les entreprises étrangères). De manière plus offensive, elles peuvent aussi chercher à absorber des technologies plus avancées pour pouvoir entrer sur les marchés des pays développés. Quand il s'agit d'imitation simple, cela pose des problèmes en termes de contre-façon par exemple, mais l'achat initial de technologie, suivi d'un développement en local peut permettre une entrée plus efficace. C'est une stratégie qui a été suivie par les pays asiatiques par le passé et la Chine est en train de la mettre en oeuvre avec un grand succès commercial, notamment en conditionnant au transfert de technologies l'accès à son marché national et à sa main d'oeuvre bon marché (Suttmeier & Xiangkui 2004).

Observation 27 *L'introduction de normes internationales (environnementales, sur la main d'oeuvre, de qualité) renforce la pression sélective qui s'exerce sur les firmes des pays en dessous de la frontière technologique mondiale. Le positionnement des pays par rapport à cette frontière possède un effet modulateur sur l'intervention des pouvoirs publics dans ces pays.*

3.5.1 Un cas d'école : les normes environnementales

Les pays industrialisés utilisent la réglementation environnementale comme une source d'un avantage compétitif à travers l'orientation de l'innovation vers de nouveaux marchés. En effet, en adoptant une réglementation environnementale un pays qui favorise l'émergence d'une technologie de dépollution, par exemple, gagne un avantage stratégique du premier arrivant (*first mover advantage*) au fur et à mesure que d'autres pays adoptent également cette réglementation environnementale et utilisent donc cette nouvelle technologie. La réglementation environnementale limite la production de certaines firmes existantes. L'imposition de l'utilisation de certaines technologies moins polluantes limite l'ensemble des choix possibles qui s'offrent à la firme. Certaines clauses peuvent exclure les firmes existantes de cette obligation de conformité aux normes environnementales et les imposent aux firmes qui viennent d'entrer sur le marché. De même, la réglementation peut être considérée comme un déterminant de la localisation des firmes multinationales qui s'implanteraient dans les pays en développement en vue de bénéficier de normes plus souples (Smarzynska & Wei (2001), Xing & Kolstad (2002)).

L'imposition des contraintes de réglementation environnementale augmente les coûts de production des firmes qui y sont soumises et donc susceptible d'affecter la compétitivité des industries polluantes. Ces coûts supplémentaires poussent les firmes à améliorer leurs processus de production pour réduire les coûts de dépollution et améliorer la qualité du produit offert (Porter & Van der Linde (1995)). Les firmes innoveront pour améliorer leurs positions concurrentielles par rapport à celles qui peuvent s'y adapter facilement et qui ont, par exemple, des coûts de pollution plus faibles ou qui se spécialisent dans la production de technologies de dépollution. Jaffé et al. (1995) donne l'exemple du constructeur automobile des normes imposées en 1975 concernant l'efficacité énergétique de véhicules automobiles aux États-Unis qui améliorent la position concurrentielle de Chrysler par rapport à Ford et General Motors à cause de la taille réduite de ses modèles.

Cantwell (1995) montre que le degré d'internationalisation des activités innovantes de certaines firmes situées aux États-Unis et en Suisse était plus élevé dans les années 1930 que dans les années 1970 et au début des années 1980. Patel & Pavitt (2000) interprètent ces changements comme résultant de quatre tendances du système économique international : la libéralisation des échanges internationaux, l'inégalité dans le développement technologique entre les pays, l'augmentation de la pression de la concurrence, et l'élargissement de l'éventail des domaines d'application de la connaissance technologique. La relation entre concurrence internationale et innovation est encore plus complexe que celle entre la concurrence et l'innovation que nous avons discuté ci-dessus, mais l'histoire montre clairement qu'il existe des stratégies gagnantes pour le rattrapage technologique.

Figure 3 donne une présentation synthétique des principaux mécanismes que nous venons de discuter. Ce graphique fait assez bien apparaître la richesse de ces mécanismes dans une approche très générale. Certaines des interactions représentées s'observent surtout dans les pays développés qui ont un système d'innovation complet. D'autres constituent des briques élémentaires d'un tel système pour les pays qui cherchent à le mettre

en oeuvre.

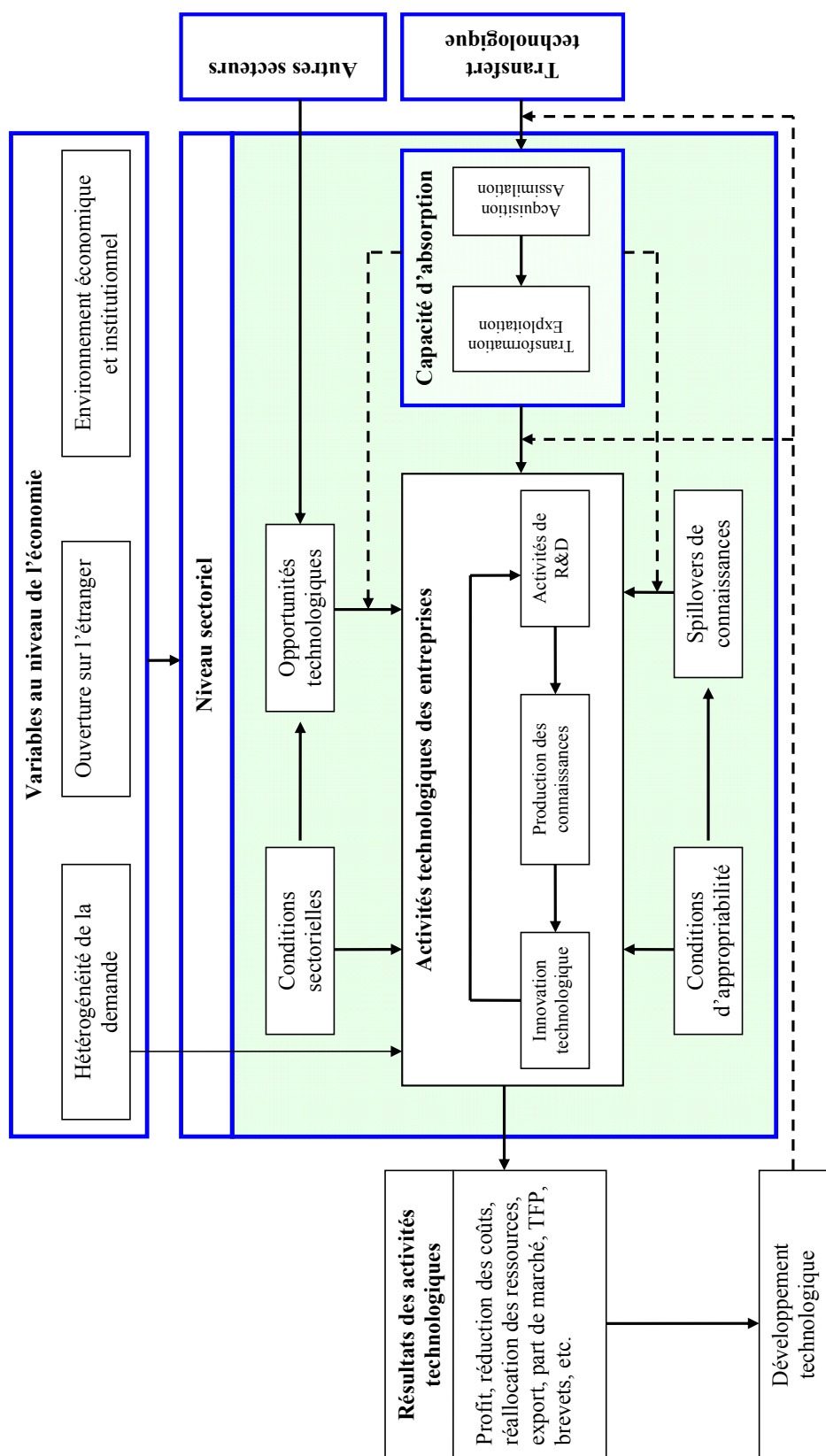


FIGURE 3 – Une synthèse : les motivations et déterminants de l'innovation

Références

- Abernathy, W. J. & Utterback, J. M. (1978), 'Patterns of Innovation in Technology', *Technology Review* **80**(7), 40–47.
- Acs, Z. & Audretsch, D. B. (1987), 'Innovation, Market Structure and Firm Size', *Review of Economics and Statistics* **69**, 567–575.
- Acs, Z. J. & Audretsch, D. B. (1988), 'Innovation in Large and Small Firms : An Empirical Analysis', *American Economic Review* **78**, 678–690.
- Acs, Z. J. & Audretsch, D. B. (1990), *Innovation and Small Firms*, Cambridge, Mass : MIT Press.
- Aggarwal, R. (1999), 'Technology and Globalization as Mutual Reinforcers in Business : Reorienting Strategic Thinking for the New Millennium', *Management International Review* **39**, 83–104.
- Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R. & Howitt, P. (2005), 'Competition and Innovation : an Inverted-U Relationship', *Quarterly Journal of Economics* **120**(2), 701–728.
- Aghion, P., Cohen, É., Dubois, É., Vandenbussche, J., Lorenzi, J. H. & Mougéot, M. (2004), *Education et Croissance*, Technical report, La Documentation française.
- Aghion, P. & Griffith, R. (2005), *Competition and growth*, MIT Press, Cambridge :MA.
- Aghion, P. & Howitt, P. (1998), *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge : MA.
- Akamatsu, K. (1961), 'A theory of unbalanced growth in the world economy', *Weltwirtschaftliches Archiv* **86**(2), 196–217.
- Amable, B. (2003), Les Systèmes d'innovation, in Mustar & Penan, eds, 'Encyclopédie de l'innovation', Economica.
- Amara, N. & Landry, R. (2005), 'Sources of Information as Determinants of Novelty of Innovation in Manufacturing Firms : Evidence from 1999 Statistics Canada Innovation', *Technovation* **3**, 245–259.
- Arora, A. & Gambardella, A. (1994), 'The Changing Technology of Technological Change : General and Abstract Knowledge and the Division of Innovative Labor', *Research Policy* pp. 523–532.
- Arrow, K. (1962), Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in R. Nelson, ed., 'The Rate and Direction of Inventive Activity', Princeton, pp. 609–626.
- Arthur, W. B. (1989), 'Competing Technologies, Increasing Returns and Locking by Historical Events', *The Economic Journal* **99**, 116–146.

- Ben-Zion, U. & Ruttan, V. W. (1974), *Aggregate Demand and Technological Changes : Macro-economic Model of Induced Innovations*, Dept. of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota.
- Ben-Zion, U. & Ruttan, V. W. (1978), Aggregate Demand and the Rate of Technical Change, in H. P. Binswanger, V. Ruttan & U. Ben-Zion, eds, 'Induced Innovation : Technology, Institutions and Development', Johns Hopkins University Press, pp. 261–275.
- Bessen, J. & Meurer, M. J. (2008), *Patent Failure : How Judges, Bureaucrats, and Lawyers Put Innovators at Risk*, Princeton University Press.
- Blonigen, B. & Taylor, C. (1997), R&D Activity and Acquisitions in High Technology Industries : Evidence From the US Electronics Industry. Working Paper.
- Bound, J., Cummins, C., Griliches, Z., Hall, B. H. & Jaffé, A. (1984), Who does R&D and who does Patents, in 'R&D, patents, and Productivity', University of Chicago Press, pp. 21–54.
- Cabagnols, A. & Le Bas, C. (2002), Differences in the Determinants of Product and Process Innovations : The French Case, in A. Kleinknecht & P. Mohnen, eds, 'Innovation and Firm Performance', Palgrave : London, pp. 112–149.
- Cantwell, J. (1995), 'The Globalisation of Technology : What Remains of the Product Cycle Model?', *Cambridge Journal of Economics* **19**, 155–174.
- Casadella, V. & Benlahcen-tlemcani, M. (2006), 'De l'applicabilité du système national d'innovation dans les pays moins avancés', *Innovations* **2**(24), 59–90.
- Cockburn, I. & Henderson, R. (1998), 'Absorptive Capacity, Co-authoring Behavior, and the Organization of Research in Drug Discovery', *The Journal of Industrial Economics* **46**(2), 157–181.
- Coe, D. T. & Helpman, E. (1995), 'International R&D spillovers', *European Economic Review* **39**(5), 859–887.
- Coe, D. T., Helpman, E. & Hoffmaister, A. W. (1997), 'North-South R&D Spillovers', *The Economic Journal* **107**(440), 134–149.
- Cohen, W. M. (1995), Empirical Studies of Innovative Activity, in P. Stoneman, ed., 'Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change', Vol. 2, Oxford : Blackwell.
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996a), 'A reprise of size and R&D', *Economic Journal* **106**, 925–951.
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996b), 'Firm size and the nature of innovation within industries : the case of process and product R&D', *The Review of Economics and Statistics* pp. 232–243.

- Cohen, W. M., Levin, R. C. & Moxery, D. C. (1987), 'Firm size and R&D intensity : A reexamination', *NBER working paper series* **2205**.
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1989), 'Innovation and Learning : the Two Faces of R&D', *The Economic Journal* **99**(3), 569–596.
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1990), 'Absorptive Capacity : A New Perspective on Learning and Innovation', *Administrative Science Quarterly* **35**, 128–152.
- Combe, E. (1998), 'Pourquoi les Firmes s'allient-elles ? Un Etat de l'Art', *Revue d'Economie Politique* **108**(4), 433–476.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M. & Etxebarria, G. (1997), 'Regional innovation systems : institutional and organisational dimensions', *Research Policy* **26**(4-5), 475–491.
- Cremer, J. & Sirbu, M. A. (1978), 'Une Analyse Econométrique de l'Effort de Recherche et Développement de l'Industrie Française', *Revue Economique* **29**(5), 940–957.
- Cytermann, J. (2004), 'L'administration et les politiques de recherche : quelles spécificités?', *Revue française d'administration publique* **112**(2004/4), 625–635.
- D'Aspremont, C. & Jacquemin, A. (1988), 'Co-operative and non co-operative R&D in duopoly with spillovers', *American Economic review* **78**(5), 1133–1137.
- D'Aspremont, C. & Jacquemin, A. (1990), 'Co-operative and non co-operative R&D in duopoly with spillovers : erratum', *American Economic review*, **80**(3), 641–642.
- David, P. A. (1985), 'Clio and the Economics of QWERTY', *American Economic Review* **75**(2), 332–337.
- David, P. & Foray, D. (1995), 'Dépendance du sentier et économie de l'innovation : un rapide tour d'horizon', *Revue d'Economie Industrielle* pp. 27–52.
- Denison, E. F. (1962), *The sources of economic growth in the United States*, Committee for Economic Development.
- Denison, E. F. (1964), La mesure de la contribution de l'enseignement (et du "facteur résiduel") à la croissance économique, in 'Le facteur résiduel et le progrès technique', OCDE.
- Dosi, G. (1982), 'Technological paradigms and technological trajectories', *Research Policy* **11**(2), 147–162.
- Dosi, G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation : The theory and an Application to the semiconductor industry*, The Macmillan Press.
- Dosi, G. (1988), 'Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation', *Journal of Economic Literature* **26**, 1120–1171.

- Dosi, G. (1997), 'Opportunities, Incentives and the Collective Patterns of Technological Change', *Economic Journal* **107**(444), 1530–1547.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (1988), The nature of the innovative process, in 'Technical Change and Economic Theory', Printer Publishers, pp. 221–238.
- Dosi, G., Teece, D. J. & Winter, S. (1990), 'Les Frontières des Entreprises : Vers une Théorie de la Cohérence de la Grande Entreprise', *Revue d'Économie Industrielle* **51**, 238–254.
- Edquist, C. (1997), *Systems of Innovation-Technologies, Institutions and Organizations*, London : Pinter Publishers.
- Encaoua, D., Foray, D., Hatchuel, A. & Mairesse, J. (2004), 'Les enjeux économiques de l'innovation', *Revue d'Economie Politique* pp. 133–168.
- Foray, D. & Gibbons, M. (1996), 'Discovery in the context of application', *Technological Forecasting and Social Change* **53**(3), 263–278.
- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, second edn, Francis Pinter, London.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance : Lessons from Japan*, London, Frances Pinter.
- Freeman, C. (1991), 'Networks of innovators : a synthesis of research issues', *Research Policy* **20**, 499–514.
- Freeman, C. (1994a), 'Changement technologique et économie mondiale', *Futuribles* pp. 25–48.
- Freeman, C. (1994b), 'The economics of technical change : critical survey', *Cambridge Journal of Economics* **18**, 463–514.
- Freeman, C. (1995), 'The 'national system of innovation' in historical perspective', *Cambridge Journal of Economics* **19**, 5–24.
- Galbraith, J. K. (1952), *American Capitalism : The Concept of Countervailing Power*, Boston, MA : Houghton Mifflin.
- Geroski, P. (1995), Markets for technology : knowledge, innovation and appropriability, in 'Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change', Oxford : Blackwell Publishers, pp. 90–131.
- Geroski, P. A. (1990), 'Innovation, technological opportunity, and market structure', *Oxford Economic Papers* **42**, 586–602.

- Granstrand, O., Hakanson, A. & Sjolander, S. (1992), *Technology Management and International Business - Internationalization of R&D and Technology*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Griliches, Z. (1957), 'Hybrid Corn : An Exploration in the Economics of Technological Change', *Econometrica* **25**(4), 501–522.
- Griliches, Z. (1979), 'Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth', *The Bell Journal of Economics* pp. 92–116.
- Griliches, Z. (1992), 'The search for R&D spillovers', *The Scandinavian Journal of Economics* **94**, 29–47.
- Guellec, D. & De La Potterie, B. V. . P. (2003), 'The impact of public R&D expenditure on business R&D', *Economics of Innovation and New Technology* **12**(3), 225–243.
- Guellec, D. & De La Potterie, P. (1997), 'Le soutien des pouvoirs publics stimule-t-il la R-D privée?', *Revue économique de l'OCDE* **29**, 103.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S. & Smits, R. (2007), 'Functions of innovation systems : A new approach for analysing technological change', *Technological Forecasting and Social Change* **74**(4), 413–432.
- Henderson, R. M. & Clark, C. K. (1990), 'Architectural innovation : the configuration of existing product technologies and the failure of established firms', *Administrative Science Quarterly* **335**(1), 9–30.
- Hicks, J. R. (1932), *The Theory of Wages*, London, England.
- Jaffé, A. (1986), 'Technological Opportunity and Spillover of R&D : Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value', *American Economic Review* **76**(5), 984–1001.
- Jaffé, A. B. (1989), 'Characterizing the technological position of firms, with application to quantifying technological opportunity and research spillovers', *Research Policy* **18**(2), 87–97.
- Jaffé, A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R. & Stavins, R. N. (1995), 'Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing : what does the evidence tell us?', *Journal of Economic literature* **33**(1), 132–163.
- Johnson, A. . (2001), 'Functions in Innovation System Approaches', *Paper for DRUID's Nelson-Winter Conference* .
- Johnson, A. & Jacobsson, S. (2003), 'The emergence of a growth industry : a comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries', *Transformations and Development : Schumpeterian Perspectives*, Heidelberg : Physica/Springer .
- Kamien, M. I. & Schwartz, N. L. (1975), 'Market structure and innovation : a survey', *Journal of Economic Literature* pp. 1–37.

- Kamien, M. I. & Schwartz, N. L. (1982), *Market structure and innovation*, Cambridge University Press.
- Kamien, M. I. & Zang, I. (2000), 'Meet me halfway : research joint ventures and absorptive capacity', *International Journal of Industrial Organization* **18**, 995–1012.
- Keller, W. (2002), 'Trade and the Transmission of Technology', *Journal of Economic Growth* **7**(1), 5–24.
- Lachmann, J. (1993), *Le Financement des Stratégies de l'Innovation*, Economica.
- Levin, R. C., Cohen, W. M. & Mowery, D. C. (1985), 'R&D appropriability, Opportunity, and Market Structure : New evidence on some schumpeterian hypotheses', *American Economic Review, AEA Papers and Proceedings* **75**, 20–24.
- Lucas, R. (1988), 'On the mechanics of economic development', *Journal of Monetary Economics* **22**, 342–367.
- Lucas, R. E. (1967), 'Tests of a Capital-Theoretic Model of Technological Change', *Review of Economic Studies* **34**(2), 175–189.
- Lundvall, B. A. (1985), *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg : Aalborg University Press.
- Lundvall, B. A. (1988), Innovation as an Interactive Process : from User-Producer Interaction to the National System of Innovation, in G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg & S. Luc, eds, 'Technical change and economic theory', London pinter publishers, p. 349.
- Lundvall, B. A. (1992), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers.
- Lundvall, B., Johnson, B., Andersen, E. S. & Dalum, B. (2002), 'National systems of production, innovation and competence building', *Research Policy* **31**(2), 213–231.
- Lunn, J. (1986), 'An empirical analysis of process and product patenting : a simultaneous equation framework', *The Journal of Industrial Economics* **34**(3), 319–330.
- Malerba, F. (2002a), Les régimes technologiques et les systèmes sectoriels d'innovation en europe, in 'Institutions et innovation : de la recherche aux systèmes sociaux d'innovation', Editions Albin Michel, pp. 232–247.
- Malerba, F. (2002b), 'Sectoral systems of innovation and production', *Research Policy* **31**(2), 247–264.
- Malerba, F. & Orsenigo, L. (1993), 'Technological regimes and firm behavior', *Industrial and Corporate Change* **2**, 45–74.

- Malerba, F. & Orsenigo, L. (1996), ‘Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific’, *Research Policy* **25**, 451–478.
- Mansfield, E. (1968), *Industrial research and technological innovation : An econometric analysis*, RS Means Company.
- Mansfield, E., Rapoport, J., Schnee, J., Wagner, S. & Hamburger, M. (1971), *Research and development in the modern corporation*, Norton & Co., New York, USA.
- Manuel d’Oslo (2005), *Principes directeurs pour le recueil et l’interprétation des données sur l’innovation*, OCDE.
- March, J. G. (1991), ‘Exploration and exploitation in organizational learning’, *Organization Science* **2**(1), 71–87.
- Markham, J. W. (1965), ‘Market structure, business conduct, and innovation’, *The American Economic Review* pp. 323–332.
- Marsili, O. & Verspagen, B. (2002), ‘Technology and the dynamics of industrial structures : an empirical mapping of Dutch manufacturing’, *Industrial and Corporate Change* **11**(4), 791–815.
URL: <http://icc.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/11/4/791>
- Mezouaghi, M. (2002), ‘Les approches du système national d’innovation : Les économies semi-industrialisées’, *Revue Tiers Monde* **169**, 189–212.
- Mohnen, P. (1997), ‘Introduction : input–output analysis of interindustry R&D spillovers’, *Economic Systems Research* **9**(1), 3–8.
- Mohnen, P. & Lepine, N. (1991), ‘R&D, R&D spillovers and payments for technology : Canadian evidence’, *Structural Change and Economic Dynamics* **2**(1), 213–228.
- Moore, G. A. (2006), *Dealing with Darwin : How Great Companies Innovate at Every Phase of Their Evolution*, NewYork : Portfolio.
- Mowery, D. (1995), The practice of technology policy, in P. Stoneman, ed., ‘Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change’, Blackwell Handbooks in Economics, Oxford.
- Mowery, D. C. & Oxley, J. E. (1995), ‘Inward technology transfer and competitiveness : the role of national innovation systems’, *Cambridge journal of economics* **19**(1), 67.
- Nelson, R. R. (1993), *National Innovation Systems : A Comparative Study*, New York, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. & Phelps, E. S. (1966), ‘Investment in humans, technological diffusion, and economic growth’, *The American Economic Review* pp. 69–75.

- Nelson, R. R. & Rosenberg, N. (1993), Technical innovation and national systems, in 'National Innovation Systems : A Comparative Study', New York, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. & Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Havard University Press.
- OCDE (1994), *National Systems of Innovation : general conceptual framework*, Vol. 94, OCDE Paris-France.
- OCDE (1998), *Technologie, productivité et création d'emplois : Politiques exemplaires*, Vol. 5, OCDE.
- Patel, P. & Pavitt, K. (2000), National systems of Innovation under Strain : the Internationalisation of Corporate R&D, in R. Barrell, G. Mason & M. O'Mahoney, eds, 'Productivity, Innovation and Economic Performance', Cambridge University press, pp. 217–235.
- Pavitt, K. (1984), 'Sectoral patterns of technical change : towards a taxanomy and a theory', *Research Policy* **13**(6), 343–373.
- Pavitt, K. (1987), 'The objectives of technology policy', *Science and Public Policy* **14**(4), 186.
- Pavitt, K., Robson, M. & Townsend, J. (1987), 'The Size Distribution of Innovating Firms in the UK : 1945-1983', *Journal of Industrial Economics* **35**, 297–316.
- Pisano, G. (1990), 'The R&D boundaries of the firm : An empirical analysis', *Administrative Science Quarterly* **35**, 153–176.
- Porter, M. E. & Van der Linde, C. (1995), 'Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship', *The Journal of Economic Perspectives* **9**(4), 97–118.
- Rickne, A. (2001), 'Assessing the functionality of an innovation system', *Goteborg, Chalmers University of Technology*.
- Rodrik, D. (1993), 'Trade and Industrial Policy Reform in Developing Countries : A Review of Recent Theory and Evidence', *NBER working paper series* **w4417**.
- Rogers, E. (1983), *Diffusion of Innovations*, New York : The Free Press.
- Romer, P. (1990), 'Endogenous technological change', *Journal of Political Economy* **98**, 71–102.
- Rosenberg, N. (1974), 'Science, Invention and Economic Growth', *The Economic Journal* **84**(333), 90–108.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box*, Cambridge University Press.

- Rosenberg, N. (1990), 'Why do firms do basic research (with their own money)?', *Research Policy* **19**, 165–174.
- Sahal, D. (1985), 'Technological guideposts and innovation avenues', *Research Policy* **14**, 61–82.
- Scherer, F. M. (1965), 'Firm size, market structure, opportunity, and the output of patented innovations', *The American Economic Review* **55**, 1096–1125.
- Scherer, F. M. (1983), 'The propensity to patent', *International Journal of Industrial Organization* **1**, 107–128.
- Schmookler, J. (1962), 'Economic sources of inventive activity', *Journal of Economic History* **22**(1), 1–20.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge : Harvard University Press.
- Schumpeter, J. A. (1934), *The theory of Economic Development*, Harvard University Press : Cambridge.
- Schumpeter, J. A. (1935), *Théorie de l'évolution économique*, Paris, Dalloz.
- Schumpeter, J. A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, NewYork : Harpar.
- Scott, J. T. (1984), Firm versus industry variability in r&d intensity, in Z. Griliches, ed., 'R&D, Patents and Productivity', University of Chicago Press, Chicago.
- Simon, H. A. (1949), 'Invention and Cost Reduction in Technological Change', *Econometrica* **17**, 173–174.
- Smarzynska, B. K. & Wei, S. J. (2001), 'Pollution Havens and Foreign Direct Investment : Dirty Secret or Popular Myth?', *National Bureau of Economic Research, NBER* .
- Spencer, B. & Brander, J. (1983), 'International R&D Rivalry and Industrial Strategy', *Review of Economic Studies* **50**, 707–722.
- Suttmeier, R. P. & Xiangkui, Y. (2004), *China's Post-WTO technology policy : standards, software, and the changing nature of techno-nationalism*, National Bureau of Asian Research.
- Teece, D. J. (1988), Technical change and the nature of the firm, in G. e. a. Dosi, ed., 'Technical change and economic theory', Burns & Oates.
- Vallée, T. & Yildizoglu, M. (2006), 'Social and technological efficiency of patent systems', *Journal of Evolutionary Economics* **16**, 189–206.
- Vernon, R. (1966), 'International investment and international trade in the product cycle', *Quarterly Journal of Economics* **80**, 190–207.

- Veugelers, R. (1997), 'Internal R&D Expenditures and External Technology Sourcing', *Research Policy* **26**(3), 303–316.
- Veugelers, R. & Cassiman, B. (1999), 'Make and buy in innovation strategies : evidence from Belgian manufacturing firms', *Research Policy* **28**, 63–80.
- von Hippel, E. (1976), 'The dominant role of users in the scientific instrument innovation process', *Research Policy* **5**(3), 212–239.
- von Hippel, E. (1986), 'Lead users : a source of novel product concepts', *Management science* pp. 791–805.
- von Hippel, E. (1988), *The Sources of Innovation*, Oxford University Press : New York and Oxford.
- Williamson, O. E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, New York : The Free Press.
- Wood, A. (1994), *North-South trade, employment and inequality : changing fortunes in a skill-driven world*, Clarendon Press Oxford.
- Xing, Y. & Kolstad, C. D. (2002), 'Do tax environmental regulations attract foreign investment ?', *Environmental and Resource Economics* **21**(1), 1–22.
- Yildizoglu, M. (2009), Reinforcing the patent system ? effects of patent fences and knowledge diffusion on the development of new industries, technical progress and social welfare, in U. Cantner, ed., 'Proceedings of the 2004 International Schumpeter Society Conference', Springer.
- Zaltman, G., Duncan, R. & Holbek, J. (1973), *Innovations and Organizations*, New York : Wiley and Sons.